



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**DESKRIPCE SYSTÉMŮ PRO AUTOMATICKOU  
VÝMĚNU OBROBKŮ**

DESCRIPTION OF THE SYSTEMS FOR AUTOMATIC WORKPIECE CHANGE

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

Michaela Srdošová

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

Ing. Dominik Hermanský

BRNO 2017



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Studentka: **Michaela Srdošová**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení  
Vedoucí práce: **Ing. Dominik Hermanský**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Deskripce systémů pro automatickou výměnu obrobků

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Aktuálním tématem je pružnost a rychlost řešení výměny obrobků a manipulace s nimi. Cílem je dosáhnout výměny obrobku v nejkratším možném čase z důvodu ekonomičnosti. Předmětem práce bude zhodnocení aktuálních trendů v oblasti automatické výměny obrobků u těžkých obráběcích strojů.

### Cíle bakalářské práce:

- deskripce systémů pro automatickou výměnu obrobků,
- popis aktuálních trendů v oblasti automatické manipulace s obrobky,
- analýza možných řešení pro manipulaci s těžkými obrobky,
- systematické zhodnocení jednotlivých řešení.

### Seznam literatury:

MAREK, Jiří. Konstrukce CNC obráběcích strojů III. Praha: MM publishing, s.r.o., 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.

JANÍČEK, Přemysl a Jiří MAREK. Expertní inženýrství v systémovém pojetí. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4127-7.

BORSKÝ, Václav a Jiří MAREK. Základy stavby obráběcích strojů. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1986. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4127-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 4. 11. 2016



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Predmetom tejto bakalárskej práce je odborná rešerše, zaoberajúca sa rôznymi systémami automatickej výmeny obrobku. Jednotlivé časti sa venujú popisu spôsobov uchytenia obrobku v stroji, ich automatickú výmenu a možnosti manipulácie s ťažkými obrobkami. Bakalárska práca reaguje aj na aktuálne trendy v automatickej výmene obrobkov s riešeniami konkrétnych príkladov automatickej výmeny obrobku v praxi. Záver práce predstavuje celkové zhodnotenie jednotlivých príkladov.

## **ABSTRACT**

The subject of this bachelor thesis is a professional research, dealing with different systems of automatic workpiece replacement. The individual parts are devoted to the description of methods of the workpiece attachment, their automatic exchange and the possibility of manipulating heavy workpieces. Bachelor work also responds to current trends in automatic workpiece replacement with solutions of concrete examples of automatic workpiece replacement in practice. The conclusion of the work is an overall assessment of individual examples.

## **KĽÚČOVÉ SLOVÁ**

Automatická výmena obrobku, technologická paleta, upnutie obrobku, upínacia doska, systém automatickej výmeny, paleta, žeriav.

## **KEYWORDS**

Automatic workpiece replacement, technology palette, clamping the workpiece, clamping plate, automatic exchange system, palette, crane.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA**

SRDOŠOVÁ, M. *Deskripce systémů pro automatickou výměnu obrobků*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2017, 56 s., Vedoucí bakalářské práce Ing. Dominik Hermanský.





## **POĎAKOVANIE**

Rada by som sa poďakovala vedúcemu práce, Ing. Dominikovi Hermanskému, za jeho odbornú pomoc, užitočné rady a vedenie pri tvorbe tejto bakalárskej práce.



## **ČESTNÉ PREHLÁSENIE**

Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným dielom, spracovala som ju samostatne pod vedením Ing. Dominika Hermanského a s použitím literatúry uvedenej v zozname.

V Brne dňa 26.05.2017

.....  
Michaela Srdošová



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>HISTORICKÝ VÝVOJ OBRÁBACÍCH STROJOV .....</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>SPÔSOBY UPNUTIA OBROBKU.....</b>	<b>19</b>
3.1	Upnutie rotačných obrobkov .....	19
3.1.1	Univerzálne skľučovadlo .....	19
3.1.2	Upínacia doska .....	20
3.1.3	Upínanie medzi hroty .....	20
3.1.4	Klieštinové upínanie .....	21
3.1.5	Opory .....	21
3.2	Upnutie nerotačných obrobkov .....	22
<b>4</b>	<b>AUTOMATICKÁ VÝMENA OBROBKU .....</b>	<b>23</b>
4.1	Systém automatickej výmeny obrobku s paletami .....	24
4.1.1	Systém s dvomi paletami .....	27
4.1.2	Systém s otočným dvojstolom .....	27
4.1.3	Systém so zásobníkom paliet .....	28
4.1.4	Systém s paletami pre rotačné obrobky .....	28
4.2	Systém automatickej výmeny obrobku bez paliet .....	29
4.2.1	Zdvojený pracovný priestor .....	29
4.2.2	Priemyselný robot .....	30
4.2.3	Priemyselné manipulátory .....	31
4.2.4	Dopravníky .....	33
<b>5</b>	<b>MANIPULÁCIA S ŤAŽKÝMI OBROBKAMI .....</b>	<b>37</b>
5.1	Výmena obrobkov pomocou žeriavov .....	37
5.2	Výmena obrobkov pomocou polohovacieho upínacieho stolu .....	40
<b>6</b>	<b>PRÍKLADY RIEŠENIA AUTOMATICKEJ VÝMENY OBROBKOV.....</b>	<b>43</b>
6.1	GF Machining Solutions .....	43
6.2	SCHUNK .....	44
6.3	Stránský a Petržík.....	45
6.4	Yamazaki Mazak Corporation .....	46
6.5	Fermat .....	47
6.6	IMEXIM TS .....	48
6.7	KOVOSVIT MAS.....	49
<b>7</b>	<b>ZÁVER.....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV .....</b>	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV.....</b>	<b>55</b>



# 1 ÚVOD

V súčasnej dobe priemyselný svet veľmi rýchlo napreduje a vyvíja sa. Ľudia sa snažia o zefektívnenie práce, zníženie výrobných časov, eliminácie človeka z výrobného procesu a chcú ho nahradiť strojovou výrobou.

Keď sa pozrieme na výrobu obrobkov z pohľadu časovej osi, najväčšie časové prestoje spôsobuje výmena obrobkov a výmena nástroja. Počas výmeny obrobku sa nič nevyrába, neupravuje, ani nezlepšuje. Tento časový úsek je pre výrobcov neproduktívny čas a ich snahou je znížiť čas výmeny obrobku na minimum.

V súčasnosti existuje niekoľko typov automatickej výmeny obrobkov. Každá z nich má svoje výhody aj nevýhody. Vďaka tomu je pre každý druh obrobku prispôsobená jeho najvhodnejšia a najrýchlejšia výmena, pričom sa zohľadňuje tvar obrobku, jeho hmotnosť, materiál a počet cyklov výmeny. Automatická výmena obrobku slúži na redukovanie času manipulačného chodu s obrobkom, k eliminácii ľudského činiteľa z výrobného procesu, k vyššiemu využitiu stroja a vyššej produktivite práce, čoho výsledkom je lepšia presnosť pri upnutí obrobku a nižšia cena obrobku.

Témou bakalárskej práce je „Deskripce systémů pro automatickou výměnu obrobků.“ Táto téma je aktuálna a poskytuje pohľad na výmenu obrobkov z ekonomického hľadiska. Dôležitosť takto získaných poznatkov sa môže prejaviť v správnom výbere spôsobu výmeny obrobkov a tak znížiť prestoje na nízku úroveň.

Cieľom práce je deskripcia systémov pre automatickú výmenu obrobkov a popis aktuálnych trendov v oblasti automatickej manipulácie s obrobkami. Analýza možných riešení pri manipulácii s ťažkými obrobkami bude podkladom k systematickému zhodnoteniu jednotlivých riešení.

Predkladaná bakalárska práca pozostáva z odbornej rešerše, ktorá sa zaoberá historickým vývojom obrábacích strojov, rozdelených do šiestich vývojových generácií. Ďalšia časť sa venuje spôsobom upnutia obrobkov, ich požiadavkám a typom upínacích zariadení. Nasledujúce teoretické východiská pre automatickú výmenu obrobku budú obsahovať jednotlivé systémy automatickej výmeny s rôznymi druhmi paliet a bez paliet. V časti, manipulácia s ťažkými obrobkami, je popísaná výmena ťažkých obrobkov pomocou žeriavov a polohovacieho upínacieho stolu, pretože u niekoľko tonových obrobkov je manipulácia náročnejšia. V možnostiach výmeny obrobkov som uviedla konkrétne príklady firiem zaoberajúcimi sa ich manipuláciou.

Analýzou možných riešení pri manipulácii s ťažkými obrobkami sa dosiahne prehľad, ktorý bude zdrojom pre systematické zhodnotenie jednotlivých riešení. Záver práce bude stručným a výstižným zhrnutím spracovanej témy.





## 2 HISTORICKÝ VÝVOJ OBRÁBACÍCH STROJOV

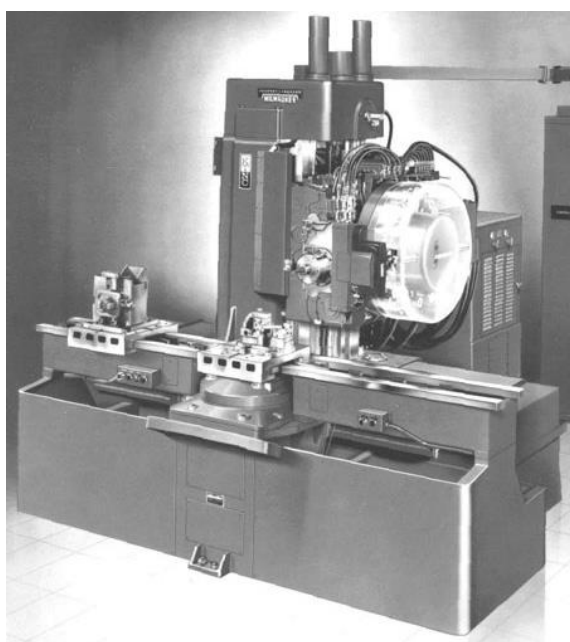
Číslicovo riadené stroje prešli od začiatku vývoja až po dnes vývojovými zmenami, ktoré môžeme rozdeliť do šiestich vývojových generácií:

### Prvá vývojová generácia

Zaraďujeme sem NC stroje odvodené od klasických konvenčných strojov, ktoré boli prispôbené pre riadiaci systém NC stroja. Ich nevýhodou bolo, že neobsahovali charakteristické znaky pre konštrukciu NC obrábacích strojov. Po čase prestal tento typ strojov vyhovovať [1].

### Druhá vývojová generácia

Stroje boli konštruované špeciálne pre číslicové riadenie a zahrňovali systém automatickej výmeny nástroja. Nevýhodou bolo ručné vymieňanie opotrebovaných nástrojov v zásobníku. Zriedkavo boli vybavené aj dopravníkom triesok, ktorý bol najmä u sústružníckych strojov. Avšak ani tieto stroje nespĺňali podmienky pre zaradenie do automatizovaných výrobných liniek. Príklad stroja z 2. vývojovej generácie je Milwaukee-Matic, jeden z prvých obrábacích centier [1].



*Obr. 1 Jeden z prvých obrábacích centier, Milwaukee-Matic [2]*

### Tretia vývojová generácia

Hlavnou výhodou 3. generácie je automatická výmena obrobku a nasadenie stroja individuálne. Zásobníky nástrojov majú ešte ručnú výmenu opotrebovaných nástrojov, ale už s väčšou kapacitou. Ďalším hlavným znakom je stavebnicovosť, ktorá umožňuje uľahčiť výrobu [1].

#### **Štvrtá vývojová generácia**

O tejto generácii možno povedať, že je úplne automatická, najmä v oblasti výmeny obrobkov a nástrojov. Využíva sa nadväznosť na všetky druhy medzioperačnej dopravy a manipulácia s trieskami. V dôsledku úplne automatizovaných technologických pracovísk s vysokým stupňom automatizácie je možnosť práce v trojzmennej prevádzke [1].

#### **Piata vývojová generácia**

Po vyriešení úplnej automatizácii zo 4. vývojovej generácie, prišla na rad realizácia v konštrukciách – mechatronické prvky. Ide hlavne o elektrickú kompenzáciu chýb polohovania, merania rozmerov obrobkov počas obrábania meracími sondami a korekcia programu pre dodržanie výkresových rozmerov a úchyliet presnosti. Začala sa objavovať aj optimalizácia rezných podmienok a laserové odmeriavanie polohy [1].

#### **Šiesta vývojová generácia**

U týchto strojov je podstata konštrukcie založená na skúsenosti z predchádzajúcich generácií. Ich hlavnými charakteristikami sú vysokorýchlostné, viacosové a veľmi presné obrábanie, až na desatiny mikrometrov, znižovanie času výmeny obrobku a nástroja na minimum. Ďalšími dôležitými znakmi sú diaľková diagnostika hlavných skupín strojov a stroje zhotovované presne na mieru, podľa potreby zákazníka [1].

### 3 SPÔSOBY UPNUTIA OBROBKU

Typická sústava, stroj-nástroj-obrobok, sa používa k popisu toho, ako je všetko previazané vo výrobnej technike. Avšak stále sú nevyhnutné prostriedky, ktoré budú obrobok fyzicky držať v potrebnej polohe medzi nástrojom a strojom [3].

#### Požiadavky na upínanie obrobku

Upnutie obrobku je neoddeliteľnou súčasťou výroby. Ak sa podcení správne upnutie obrobku, vedie to k nesprávnemu obrobeniu, aj za podmienky obrábania na kvalitnejšom obrábacom stroji. Existuje viacero spôsobov upnutia obrobku, ale musia spĺňať tieto základné požiadavky:

- uskutočnená technologická operácia rešpektuje upnutie obrobku,
- upínacie prvky nemôžu vadiť nástrojom,
- použitie prepnutie obrobku, ak obrábanie uvoľňuje vnútorné pnutie,
- obrobok spolu s rotačnými prípravkami musí byť dynamicky vyvážený,
- rezné sily by mali byť zachytávané opornými pevnými plochami,
- musí byť čo najmenej upínacích prvkov,
- jednoducho manipulovateľné upínacie prvky bez potreby špeciálneho náradia,
- možnosť využitia samosvornosti,
- dosadacie a upínacie prvky častí musia čo najmenej zachytávať triesky,
- pre väčšiu mechanickú odolnosť sú upínacie prvky kalené,
- čo v najkratšom čase musí prebiehať upínanie a uvoľňovanie obrobku,
- upnutie musí byť presné a tuhé,
- zabezpečenie bezpečnosti práce [3].

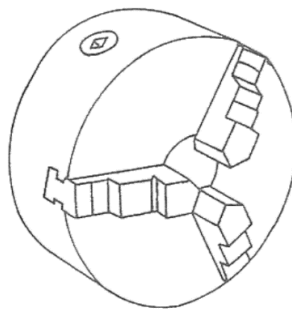
#### 3.1 Upnutie rotačných obrobkov

Sústruženie patrí medzi najrozšírenejší spôsob obrábania, ktorý predstavuje 30 – 40 % celkovej praconosti strojného obrábania. Môžeme ním obrábať vnútorné i vonkajšie, kužeľové, valcové a aj tvarové plochy. Pri spôsobe upnutia obrobku musíme dbať na veľkosť obrobku, tvar obrobku a pomer priemeru obrobku k jeho dĺžke [4].

##### 3.1.1 Univerzálne skľučovadlo

Univerzálne skľučovadlo patrí medzi najviac používané upínacie zariadenie na sústruhu. Môžu sa doň upínať menšie, ale aj väčšie kusy obrobkov, ale u väčších kusov je nutné oprieť druhý koniec obrobku hrotom koníka alebo oporou. Tento spôsob upínania môžeme použiť iba za podmienky, ak os plochy upínajúca obrobok je totožná s osou obrábanej plochy. Výsledkom toho je stredenie a upínanie obrobku univerzálnym skľučovadlom [4].

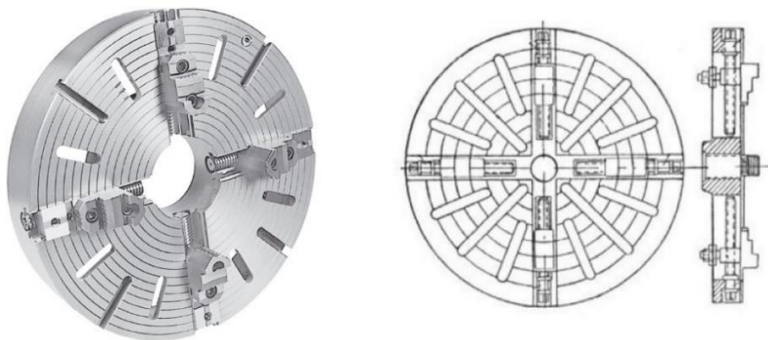
Podľa počtu pohyblivých čelústí, ich môžeme rozdeliť na dvojčelústové, trojčelústové a štvorčelústové skľučovadlá. Ručným alebo automatickým otáčaním kužeľového pastorku môžeme docieľiť radiálny pohyb čelústí. Ich radiálny pohyb sa dosiahne otáčaním kužeľového pastorku, ktorý môže byť mechanický alebo ručný [4].



Obr. 2 Univerzálne trojčelustové skľučovadlo [4]

### 3.1.2 Upínacia doska

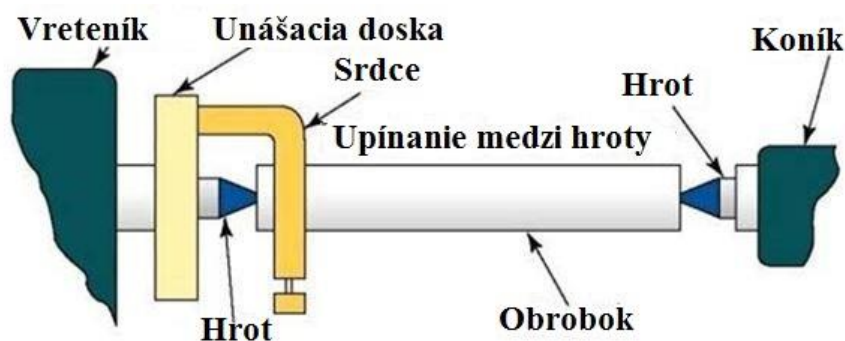
Upínacia doska je zložená zo štyroch samostatne staviteľných čelustí, ovládaných samostatnými skrutkami. Na upínaciu dosku sa zväčša upínajú ťažšie a väčšie obrobky nerovnomerných tvarov. Pri upnutí nerovnomerných tvarov je doska vybavená upínacími drážkami rôzneho prevedenia. Môžeme na ňu upnúť aj obrobok, u ktorého nie je totožná os obrábacej plochy a plochy, za ktorú sa upína [4].



Obr. 3 Upínacia líčna doska [6]

### 3.1.3 Upínanie medzi hrotmi

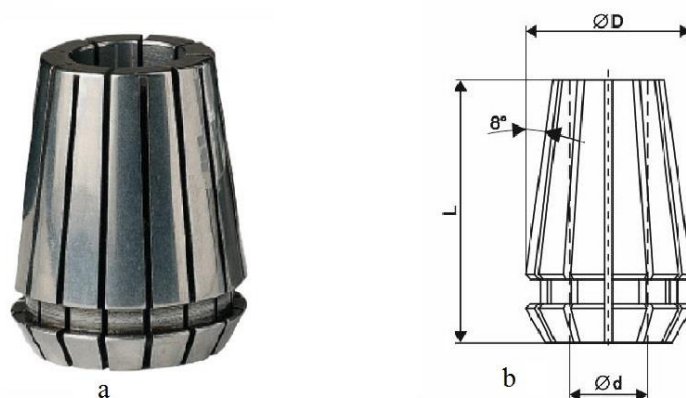
Upínanie medzi hrotmi sa používa pri obrobkoch dlhších rozmerov, s vyššími požiadavkami na presnosť obrábania. Obrobok je nutné zaobstarať strediacimi jamkami na oboch stranách. Obvykle je uhol jamiek  $60^\circ$ , pre zvýšenie únosnosti hrotu sa u ťažkých obrobkov alebo pri veľkých rezných silách používa uhol  $90^\circ$ . Pevný a otočný hrot sa používa v koníku. Vo vretení je iba pevný hrot [4].



Obr. 4 Upínanie medzi hrotmi [7]

### 3.1.4 Klieštinové upínanie

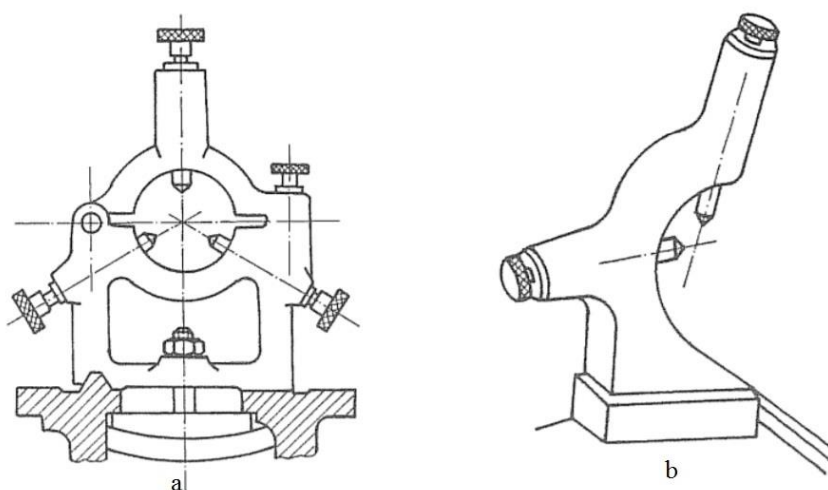
Najčastejšie sa používa pre upnutie tyčového materiálu menších priemerov s kvalitným povrchom. Zvyčajne je zložená z konkrétneho upínacieho puzdra, ktorý je rozrezaný tromi drážkami. Pomocou ťažnej skrutky vŕahovanej do kužeľovej dutiny nastáva postupne k jeho zvieraniu a upínaniu materiálu. Medzi vnútorným priemerom klieštiny a priemerom upínaného materiálu nemôžu byť veľké rozdiely, kvôli presnému upnutiu materiálu. Odstupňovanie klieštiny po 0,5 mm je u menších priemerov, a u väčších je 1 mm. Uťahovanie klieštiny môže byť ručné, pneumatické alebo hydraulické [4].



Obr. 5 a) Klieština b) náčrt klieštiny [5]

### 3.1.5 Opory

U tenkých obrobkov s veľkým pomerom dĺžky k priemeru, musia byť obrobky pri sústružení podopierané oporami alebo lunetami. Tie môžu byť pripevnené k lôži sústruhu alebo na suportu oproti nožovej hlave, s ktorými sa spolu s nástrojom posúvajú pozdĺž súčasti. Opory pevne upnuté na lôži sústruhu sa dajú použiť pri vonkajšom sústružení, pri zarovnaní čiel dlhších obrobkov a pri ich vŕtaní a vyvrtávaní [4].



Obr. 6 a) opora obrobku upnutá k lôži sústruhu b) opora obrobku pripevnená k suportu sústruhu [4]

### 3.2 Upnutie nerotačných obrobkov

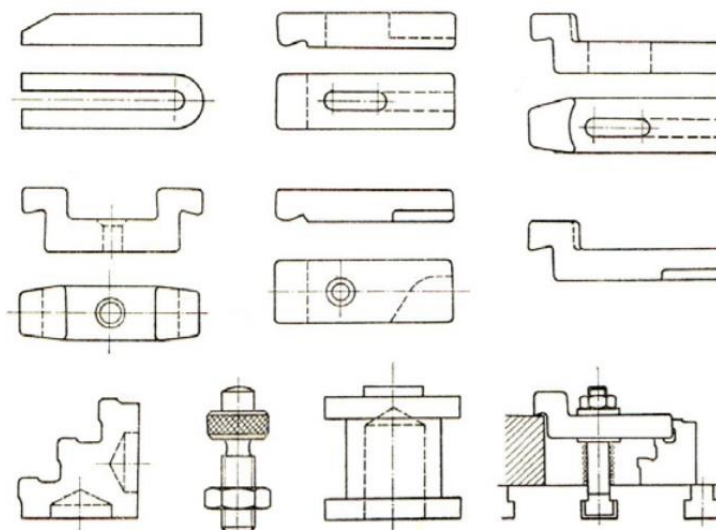
Najmä pri frézovaní sa využíva upnutie nerotačných obrobkov, kde vzniká veľká rezná sila, ktorá je spôsobená súčasným záberom niekoľkých zubov, v jednom momente. Z toho dôvodu je dôležité splňať niekoľko podmienok, aby bol obrobok správne upnutý a bol v požadovanej polohe. Okrem toho, pri upnutí nemôže byť obrobok deformovaný a upínacia plocha musí byť čo najbližšie k vretenu [7].

Bežné strojné zveráky, otočné zveráky a sklopné zveráky sú určené pre upínanie valcových súčastí a obrobkov menších rozmerov. Ich ovládanie môže byť hydraulické, pneumatické alebo ručné [7].



*Obr. 7 Sklopný otočný strojný zverák [8]*

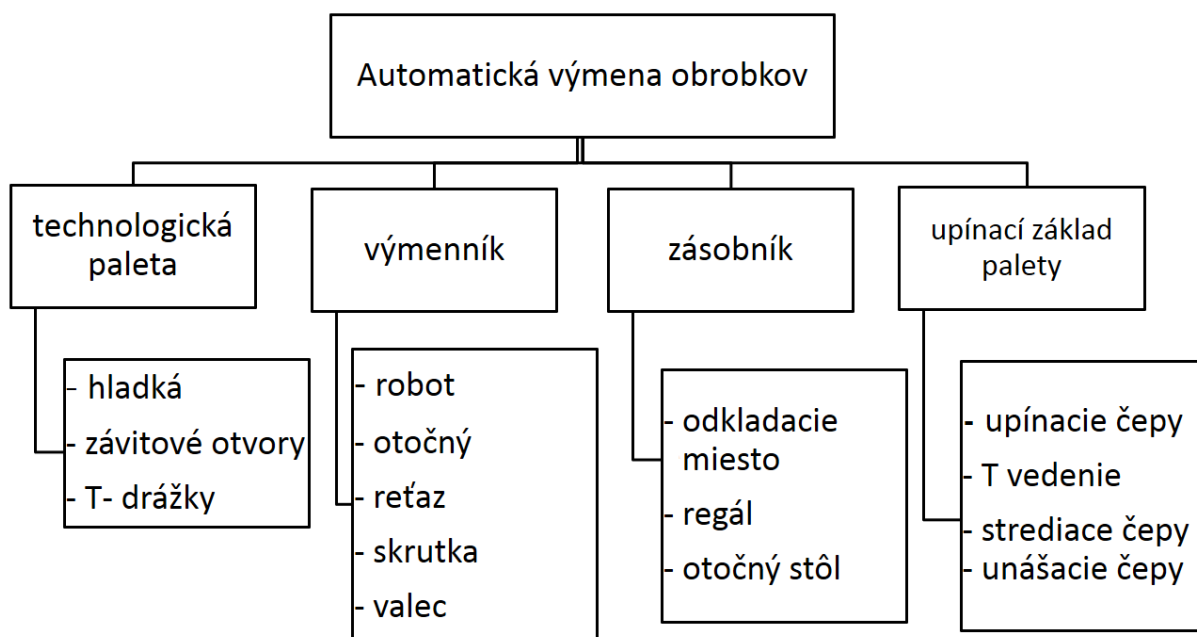
Väčšie obrobky sa upínajú rôznymi upínacími pomôckami, ktoré sa upevňujú do T-drážok stolu frézky, pomocou špeciálnych skrutiek so štvorcovou hlavou. Medzi upínacie pomôcky zaradíme rôzne upínky, opory alebo podpory. Na číslicovo riadených frézach pri presnom obrábaní slúžia k upnutiu technologické palety, s ktorými sa obrobok môže pohybovať medzi jednotlivými obrábacími strojmi [7].



*Obr. 8 Základné upínky a podpory obrobkov [7]*

## 4 AUTOMATICKÁ VÝMENA OBROBKU

Automatická výmena obrobku je systém konštrukčných uzlov, určených pre manipuláciu, upnutie a polohovanie obrobku. Slúži na redukovanie času manipulačného chodu s obrobkom, k eliminácii ľudského činiteľa z výrobného procesu, k vyššiemu využitiu stroja a vyššej produktivite práce. Výsledkom toho je nižšia cena obrobku a lepšia presnosť pri upnutí obrobku. Automatická výmena obrobku sa na strojoch v súčasnosti realizuje dvomi spôsobmi, a to s využitím tzv. technologických palet a bez technologických palet [9].



Obr. 9 Morfológia automatickej výmeny obrobku [3]

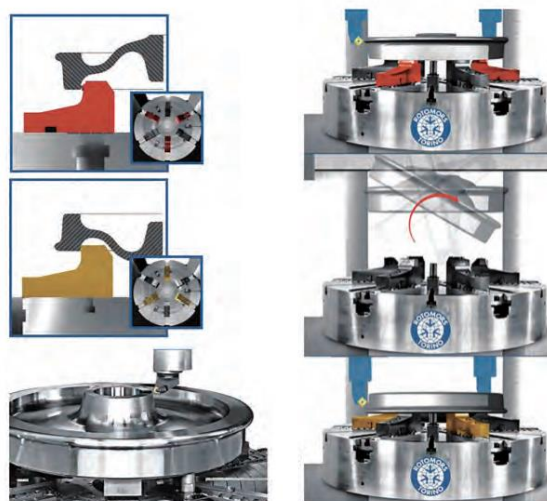
Spôsob manipulácie s obrobkom závisí od jeho hmotnosti a rozmerov. Priama manipulácia s obrobkom sa využíva hlavne u malých a rotačných obrobkov. Na technologickú paletu sa zvyčajne upínajú malé a stredne veľké nerotačné obrobky. Ťažké obrobky sú upínané vždy na paletu, a do stroja sú vložené pomocou jednoúčelového manipulátora alebo žeriavu [3].

V závislosti na druhu obrobku existuje niekoľko hlavných konštrukčných riešení. Uplatňujú sa hlavne v závislosti na požadovanej rýchlosti a presnosti stroja výmeny obrobku, možnosti jeho upnutia a na obrábacích operáciách. Obrobok sa môže pohybovať voľne, na špeciálnych upínačoch a prípravkoch, na strojnej palete alebo na nosnej doske. Ak sa obrobok pohybuje voľne, musí spĺňať niekoľko podmienok:

- nedeformuje sa, je dostatočne tuhý a je upnutý priamo v stroji,
- upnutie je s dostatočnou presnosťou realizované automaticky,
- existujú plochy obrobku, ktoré v jednom momente umožňujú uchopenie v upínacom mechanizme na stroji a v koncovom efektore manipulátora,
- nie je potrebná komplikovaná identifikácia obrobku,
- efektívne uchopiteľný, premiestňovateľný z odkladacieho miesta [3].



Ak sa nedajú niektoré z uvedených požiadaviek splniť, obrobok sa umiestňuje na nosnú dosku.



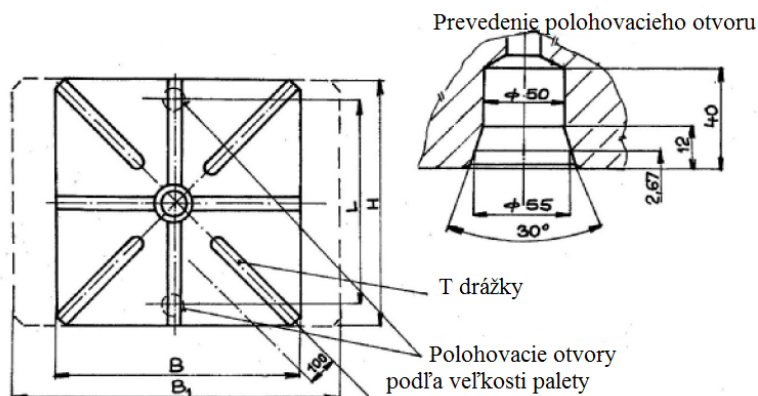
Obr. 10 Voľne sa pohybujúci obrobok [3]

#### 4.1 Systém automatickej výmeny obrobku s paletami

Palety sa obvykle používajú u obrobkov skriňového a plochého tvaru, u rozmernejších rotačných plochých súčastí a prírub. Obrobok je vo väčšine prípadov upnutý na paletu mimo pracovného priestora stroja. Počas výmeny obrobku stroj stále pracuje a celý proces výmeny obrobku je uskutočnený bez zásahu človeka, t. j. automaticky. Upnutie obrobku musí byť:

- pevné a tuhé, kvôli bezpečnému prenosu reznej sily,
- bezpečné a rýchle,
- obrobok sa nesmie zdeformovať,
- obrobené plochy sa nesmú poškodiť,
- nesmie brániť v prístupu nástroja k obrábaným plochám [9].

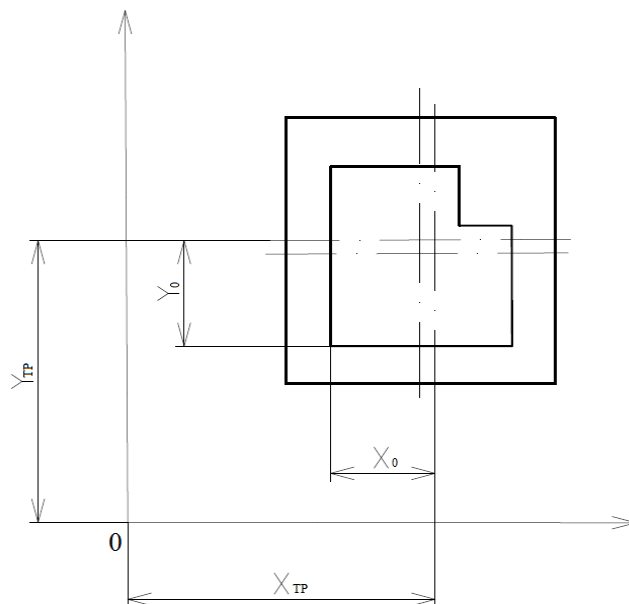
Dôležitý význam technologických paliet sa uplatňuje najmä u nerotačných súčastí, pretože je potrebné ich obrábanie zo štyroch, piatich a šiestich strán. Z čoho vyplýva že obrobok musí byť aspoň 2 až 3 krát upnutý vždy v inej polohe. Aby bolo upnutie palety spoľahlivé a presné, v pracovnom priestore obrábacieho centra musí pracovný stôl zahŕňať polohovaciu a spevňovaciu jednotkou [10].



Obr. 11 Návrh technologickej palety z roku 1986 [10]



Najrozšírenejší spôsob upnutia obrobku je pomocou technologickej palety. Paleta musí zabezpečiť určenie obrobku vzhľadom k súradnicovej sústave obrábacieho centra. Podľa predom určených rozmerov  $x_0$ ,  $y_0$  a k vzhľadom ku stredným drážkam technologickej palety, sú určené základne obrobku. U niektorých obrábacích centier ich používajú ako upínacie základne bočnej plochy technologickej palety [10].



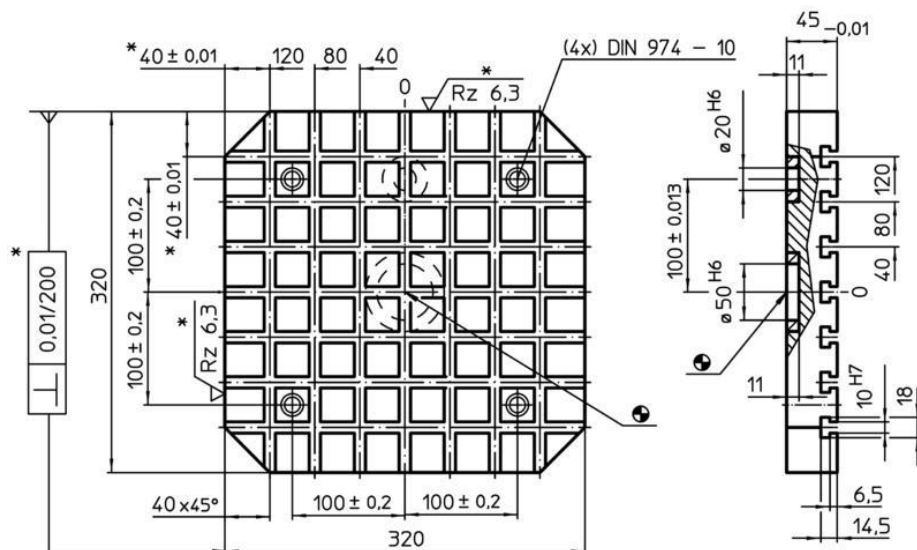
*Obr. 12 Poloha obrobku na technologickej palete [10]*

Systém automatickej výmeny obrobku s technologickými paletami musí spĺňať nasledovné požiadavky:

- výmena palety musí byť v čo najkratšom čase,
- paleta musí byť dostatočne tuhá a musí zaistiť presné ustanovanie obrobkov rôznych tvarov a ich tuhé a presné upnutie na paletu,
- manipulácia s paletami na stroji musí byť nenáročná,
- priebeh výmeny paliet je automatický, a je riadený riadiacim systémom stroja podľa stanoveného programu,
- celý systém musí mať vysokú pracovitú spoľahlivosť,
- celá koncepcia automatickej výmeny obrobku musí povoliť napojenie stroja na zásobník paliet s obrobkami alebo transport obrobkov v pružnom výrobnom systéme [14].

U technologických paliet je horná upínacia plocha rozdelená na 3 skupiny:

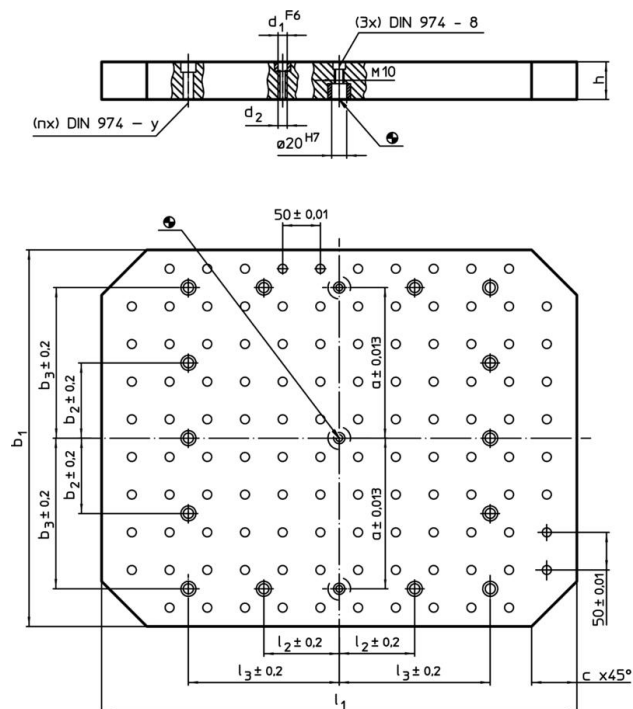
**Systém T drážok** – najpoužívanejší systém u technologických paliet, ktorý má najväčšiu variabilitu ustanovenia a upnutia obrobku. Hĺbka pripojovacích T drážok je veľkou nevýhodou kvôli náročnosti na výškový rozmer palety [3].



Obr. 13 Technologická paleta s T drážkami [11]

**Systém závitových otvorov** – predopnutie svorníkov skrutiek zabezpečuje tuhosť upnutia obrobku, čím nenarušuje výrazne celkovú tuhosť palety. Jednou z jeho nevýhod je zanášanie závitových otvorov nečistotami a ich ťažké čistenie [3].

**Systém lícovaných otvorov** – vonkajšie zaťaženie sa prenáša plochami lícovaných valcových vložiek, čo umožňuje veľmi dobrú tuhosť upnutia obrobku. Nevýhodou tohto systému je, že polohovací a upínací systém zasahuje do vnútorného priestoru technologickej palety [3].

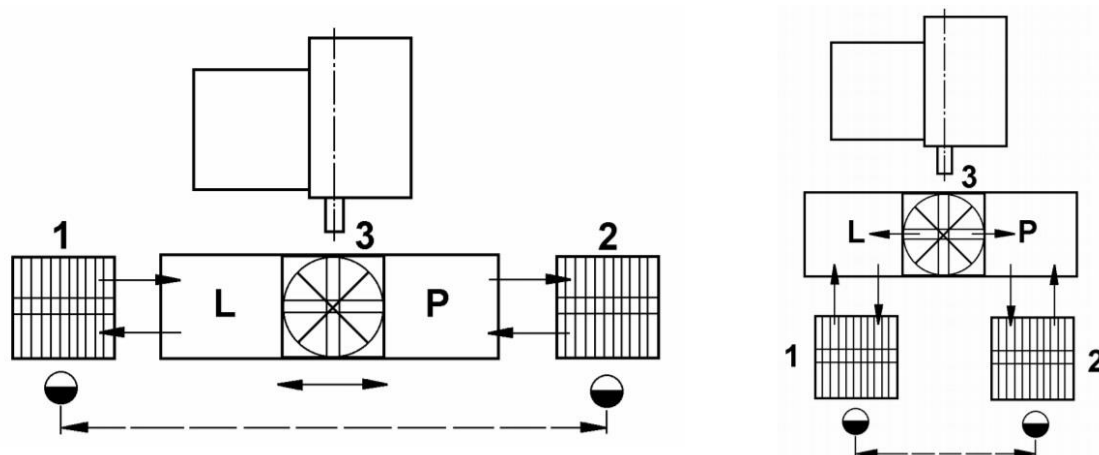


Obr. 14 Technologická paleta so závitovými otvormi [11]

#### 4.1.1 Systém s dvomi paletami

U tohto systému sú dva manipulačné stoly umiestnené na oboch koncoch lôžka, po ktorom sa pracovný stôl pohybuje v smere riadiacej osi X. Jednotné vodiace plochy pre paletu sú zhotovené na pracovnom, ale aj na manipulačnom stole. Na pracovnom stole prebieha výmena paliet automaticky, pomocou mechanizmu na presúvanie paliet [3].

Keď sa ukončí obrábanie na jednom obrobku, prejde pracovný stôl do ľavej hraničnej polohy. Následne upínacie zariadenie uvoľní paletu, ktorá je pomocou manipulačného zariadenia vysunutá s hotovým obrobkom na prvý voľný manipulačný stôl (1). Prázdny stôl prejde do opačnej krajnej polohy, kde na manipulačnom stole (2) je pripravený nový polotovar. Vo väčšine prípadov je paleta preložená manipulačným zariadením na pracovný otočný stôl (1) stroja a je upnutá. Do strednej polohy je presunutý pracovný stôl, na ktorom sa začne obrábať nový polotovar. Kvôli bezpečnosti je priestor oddelený mobilnými zábranami a menšie stroje môžu byť vybavené stacionárnymi krytmi. Medzi ich nevýhody patrí neschopnosť meniť veľkosť priestoru podľa veľkosti obrobku a pracovný stôl vykonáva mnoho manipulačných pohybov na relatívne dlhých dráhach, čím sa zbytočne predlžuje čas výmeny obrobku [14].



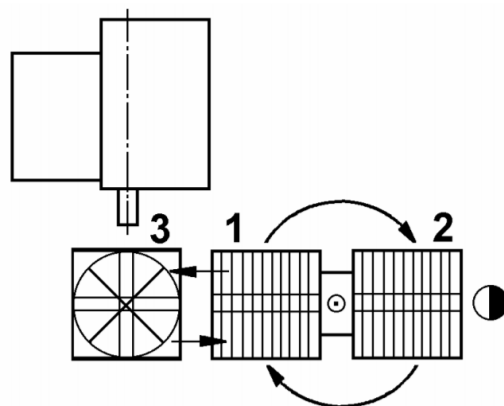
Obr. 15 Systém automatickej výmeny obrobku s dvomi paletami [12]

Pri voľbe správneho usporiadania systému automatickej výmeny obrobku s technologickými paletami a manipulačnými stolmi je potrebné zohľadniť viacero kritérií. Najdôležitejším kritériom je čas potrebný na výmenu palety s obrobkom a celková zastavaná plocha. V prípade, že je stroj začlenený do výrobného systému, tak o vhodnosti danej možnosti rozhoduje aj celková koncepcia medzioperačnej dopravy v systéme [14].

#### 4.1.2 Systém s otočným dvojstolom

Tieto systémy sú odvodené z dvojpolohových manipulátorov v automatickom systéme výmeny nástrojov. Manipulačný otočný dvojstôl sa zvyčajne nachádza v úrovni pracovného stola. Horná doska nesúca dve palety sa otáča okolo zvislej osi. Keď sa obrobí obrobok, tak paleta s opracovaným obrobkom sa uvoľní z upnutia na pracovnom stole (1). Automaticky sa presunie na voľné miesto (2) manipulačného otočného dvojstola (3), kde je upnutá potrebnou silou určenou na manipuláciu. Manipulačný dvojstôl sa otočí o 180° a paleta (4) s ďalším obrobkom sa preloží k pracovnému stolu stroja. Na manipulačnom stole je paleta (4) uvoľnená z upnutia a automaticky sa presunie na pracovný stôl stroja, kde je upnutá do

požadovanej polohy. Tým je jeden cyklus výmeny ukončený. Čas výmeny je obvykle 10 až 20 sekúnd. Hlavnými výhodami je, že obsluha paliet prebieha stále z jedného miesta a vo väčšine prípadov, pracovný stôl stroja nevykonáva žiadne manipulačné pohyby [9, 14].

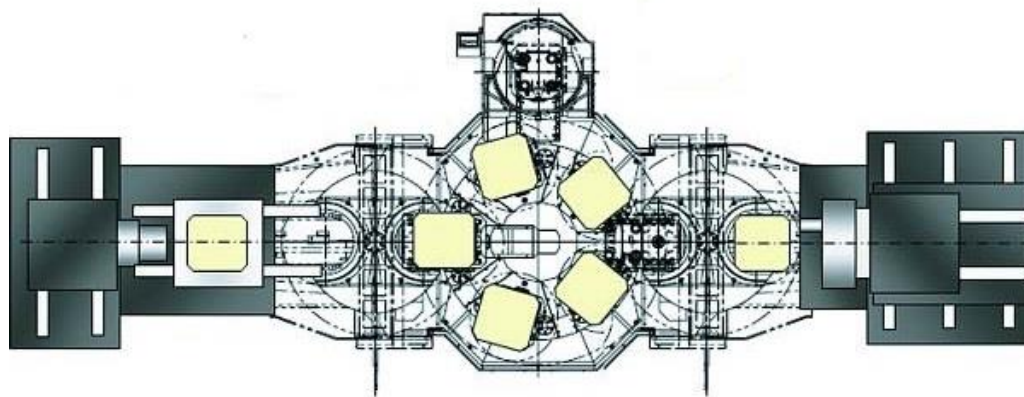


*Obr. 16 Systém s manipulačným otočným dvojstolom [12]*

Pri výmene väčších obrobkov je konštrukcia manipulačného otočného dvojstola priveľmi robustná. Z priestorového hľadiska je nežiadúca, preto u väčších obrobkov je výhodnejšie použiť lineárny manipulačný dvojstôl [14].

#### **4.1.3 Systém so zásobníkom paliet**

Na obr. 17 sú v kruhovom zásobníku umiestnené palety. Pri výmene sa paleta s hotovým obrobkom premiestni z pracovného stola na prázdne miesto v zásobníku, kde sa prestaví o jeden rozstup a tým sa paleta s neobrobeným obrobkom presunie na pracovný stôl stroja. Veľkosť a tvar zásobníku môže byť rôzny. U zásobníkov obrobkov je možný dlhodobý automatický chod stroja v obslužnom režime. Vďaka väčšej voľnosti obsluhy je možnosť uskutočniť aj viacstrojovú obsluhu [9].

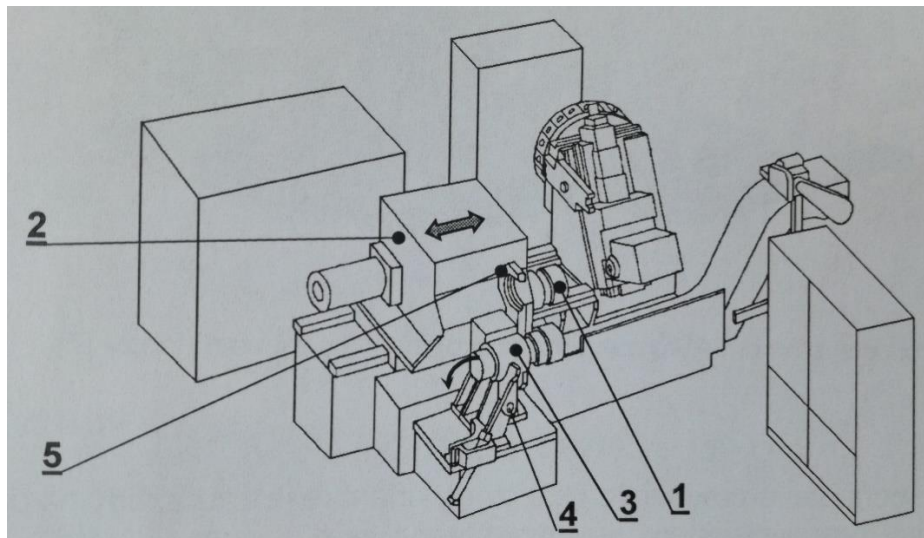


*Obr. 17 Systém automatickej výmeny obrobku so zásobníkom paliet [13]*

#### **4.1.4 Systém s paletami pre rotačné obrobky**

Rotačné obrobky nemožno pevne upnúť na technologickú paletu. Preto sa pri systéme automatickej výmeny obrobkov paleta nahrádza sklúčovadlom. Celý systém je veľmi podobný systému automatickej výmeny nástrojov so skladovacím zásobníkom, u ktorého sa jednotlivé nástroje vo vretene stroja vymieňajú systémom „zásobník-podávač-upínač“. Tento

systém sa využíva hlavne u krátkych rotačných súčiastok typu príruha. Príkladom systému môže byť sústružnické centrum TURN-12 [14].



*Obr. 18 Sústružnické centrum TURN-12 s automatickou výmenou skľučovadiel s obrobkami [14]*

Skľučovadlo (1) sa vymieňa celé aj s upnutým obrobkom. Poloobrobky sa upínajú do skľučovadiel a obrobené súčiastky sa zo skľučovadiel vyberajú na špecializovanom pracovisku mimo stroj. Držiak skľučovadiel (3) je umiestnený vedľa vreteníka (2) stroja a je sklopný okolo osi (4) v smere šípky o  $90^\circ$  tak, aby počas výmeny skľučovadiel bol držiak vo vodorovnej polohe a tak zabezpečil pohodlnejšiu manipuláciu so skľučovadlami. Keď sa skľučovadlá v držiaku vymenia, je tento znovu zdvihnutý do polohy nakreslenej na obr. 18, a skľučovadlo je pripravené na výmenu na vretene stroja. Automaticky dvojpolohový otočný manipulátor (5) uskutočňuje vlastnú výmenu skľučovadiel na vrete stroja, podobným spôsobom ako výmena držiakov s nástrojmi:

- manipulátor sa pootočí o  $90^\circ$ , zachytenie starého a nového skľučovadla,
- manipulátor sa vysunie so zachytenými skľučovadlami smerom od vreteníka a držiaka skľučovadiel,
- pootočenie manipulátora o  $180^\circ$  a jeho zasunutie smerom do vretena,
- pootočenie manipulátora o  $90^\circ$  a uvoľnenie skľučovadiel [14].

## 4.2 Systém automatickej výmeny obrobku bez paliet

Keďže sa u tohto spôsobu výmeny obrobku nepoužívajú palety, obrobok sa zvyčajne vymieňa priamo na pracovnom stole zariadenia. Najčastejšie sa využíva systém s dvomi pracovnými stolmi, výmena pomocou dopravníkov a výmena obrobku pomocou priemyselného robota a manipulátora [9].

### 4.2.1 Zdvojený pracovný priestor

Zdvojený pracovný priestor sa skladá z dvoch neposuvných pracovných stolov umiestnených vedľa seba, ktoré sú oddelené prekážkou. Vedľa nich sa pohybuje stojan s vreteníkom, čím sa v podstate premiestňuje pracovný priestor stroja od jedného obrobku k druhému. Zatiaľ čo sa na jednom stole obrába materiál, na druhom stole sa vymení hotový obrobok za nový

polotovár. Obrobok sa vymieňa manuálne alebo pomocou priemyselných robotov a manipulátorov. Výmena obrobku aj jeho obrábanie je v rovnakom čase, čím sa skracuje výrobný čas a nenastáva prestoj vo výrobe. Výhodou je veľmi krátky čas výmeny obrobku a pomerne malé zväčšenie pôdorysnej plochy stroja. Má však aj svoje nevýhody, ako napríklad ručná výmena obrobku musí byť v dostatočnej vzdialenosti od pracovného stola a obsluha vymieňajúca obrobok musí prechádzať z jedného pracovného stola na druhý [3].

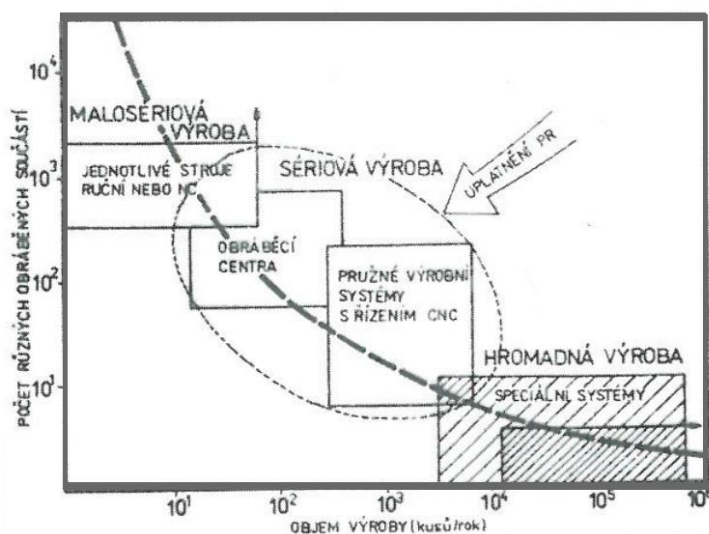


Obr. 19 Zaradenie so zdvojeným pracovným miestom od firmy Hedelius [15]

#### 4.2.2 Priemyselný robot

Priemyselný robot je stroj alebo zariadenie pracujúce samostatne podľa vopred naprogramovaného systému. Jeho úlohou je napodobenie niektorých duševných a pohybových funkcií človeka, pri uskutočňovaní základných a pomocných výrobných operácií bez priamej účasti človeka [16].

Na obrázku 23 je graf znázorňujúci uplatnenie priemyselných robotov vo výrobe. Hrubá čiarkovaná krivka znázorňuje závislosť medzi flexibilitou výroby a ekonomickou efektívnosťou v odvetví obrábania s vyznačením základných stupňov sériovej výroby a oblasti nasadenia priemyslových robotov PR a systémov CAD / CAM [16].



Obr. 20 Ekonomické uplatnenie priemyselných robotov [16]



Oproti manipulátoru sa priemyselný robot dostane do ťažšie prístupných priestorov. Umožňuje mu to pohyb vo viacerých stupňoch voľnosti. Najčastejšie sa využíva pohyb so šiestimi stupňami voľnosti. Zvyčajne sa od robota vyžaduje aj manipulačná schopnosť premiestňovania predmetov, vnímanie svojho prostredia, univerzálnosť, čiže ľahká zmena programu a následne použitie v inej aplikácii. Musí byť schopný istý čas pracovať bez zásahu človeka a mať priestorovú koncentráciu jednotlivých zložiek. Robotická výmena obrobku je veľmi rýchlo prispôsobená na rôzne typy obrobkov, a dobre nastaviteľná podľa typu výroby. V súčasnosti sa používa pre obrobky s hmotnosťou do 1 tony [17].

Stacionárne priemyselné roboty sú jedným bodom pripevnené napevno ku konštrukcii. Aby sa zväčšil ich pracovný priestor, sú pripevňované na pojazdové ústrojenstvá, ktoré môžu byť upevnené pevne k zemi, na nosnej portálovej konštrukcii alebo ku stropu budovy. Výhodou pojazdovej jednotky je obsluha viacerých pracovných miest a ich zoskupení [16].

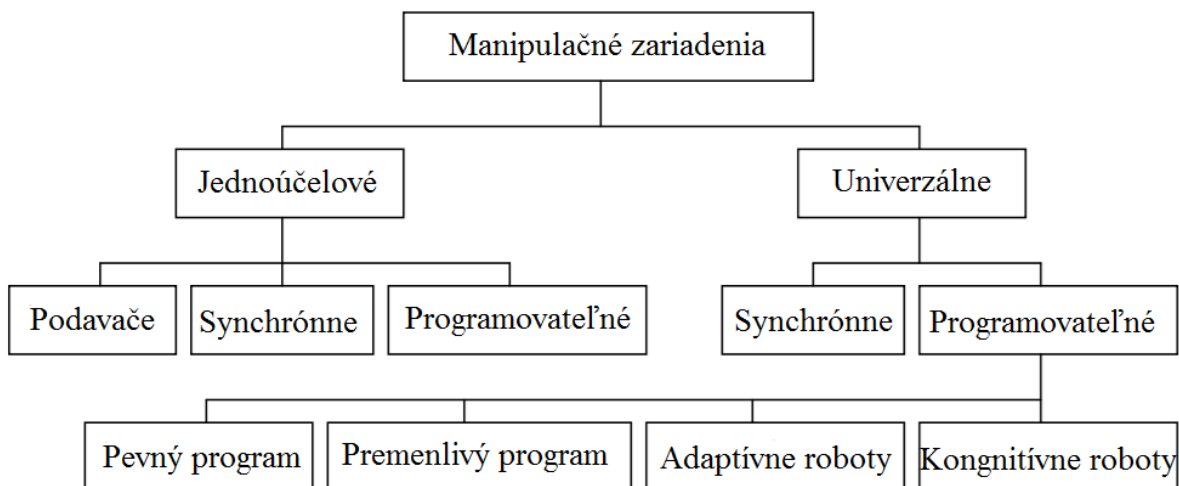


*Obr. 21 Lineárni pojazd pre roboty KUKA [18]*

#### **4.2.3 Priemyselné manipulátory**

Funkcia priemyselných manipulátorov je veľmi podobná funkcii priemyselných robotov. Hlavný rozdiel je v pružnej programovateľnosti robota. Manipulátor je v podstate periférne zariadenie výrobnéj techniky. Jeho súčasťou sú chápädla alebo nástroje, pomocou ktorých pracuje vo viacerých pohybových osách a v pevne stanovenom programe vykonáva určitú činnosť [17].

Manipulátory zastupujú prácu človeka pri namáhavej, nebezpečnej a monotónnej práci. Najviac majú zastúpenie v odlievaní, premiestňovaní súčastí medzi strojmi, kovaní, pri manipulácii s obrobkami. Každý manipulátor má svoje špeciálne charakteristiky – nosnosť, rýchlosť pohybu, veľkosť manipulačného priestoru a presnosť polohovania. Manipulátory môžeme rozdeliť podľa nasledujúcej schémy, obr. 22 [19, 4].



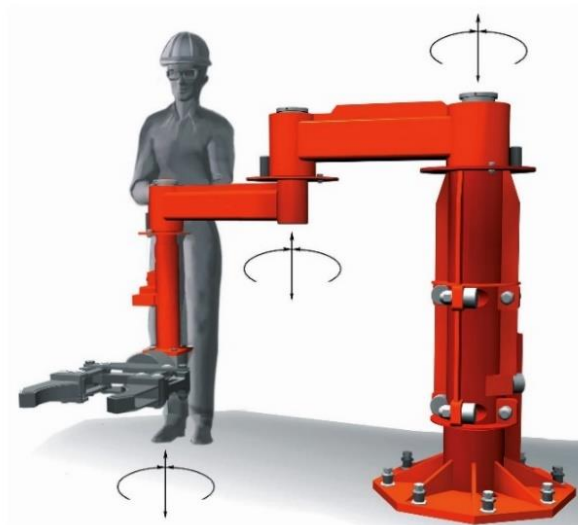
Obr. 22 Rozdelenie manipulačnej techniky [19]

### Jednoúčelový manipulátor

Do tejto skupiny patria najjednoduchšie premiestňovacie mechanizmy, manipulátory riadené programom a manipulačné zariadenia ovládané priamo človekom, takzvané synchronne manipulátory. Pojem jednoúčelovosť môžeme chápať z rôznych hľadísk:

- obmedzený rozsah pohybov, väčšinou prispôbený danej aplikácii,
- obmedzené možnosti riadiaceho systému,
- počet stupňov voľnosti je obmedzený,
- priestorové usporiadanie [19].

Jednoúčelové manipulátory musia tvarovo aj konštrukčne súvisieť s daným komponentom alebo prídavným zariadením obsluhovaným vo výrobnej technike. Ich funkčné pohyby sú vo väčšine prípadov nenáročné. Spočívajú najmä vo výmene polovýrobku a nástrojov. Veľakrát nemajú ani vlastný pohon. Sú riadené od pohonného subsystému výrobného stroja [19].



Obr. 23 Jednoúčelový manipulátor ovládaný človekom [20]



### Univerzálny manipulátor

Univerzálne manipulátory oproti jednoúčelovým manipulátorom majú väčší rozsah manipulačných možností využívaných podľa spôsobu ich nasadenia. Nie sú obmedzované typom výrobných súčiastok ani strojov. Rozhodujúcim znakom je univerzálnosť a kinematické parametre, ako napríklad:

- druh čiastočných pohybov,
- počet stupňov voľnosti,
- presnosť polohovania v závislosti od maximálneho zaťaženia,
- rozsah jednotlivých pohybov [19].

Univerzálne manipulátory sa využívajú na rôznych pracoviskách alebo na synchronnú obsluhu niekoľkých strojov. Univerzálnosť použitia zabezpečujú vymeniteľné jednoúčelové chápadlá, ktoré manipulujú s predmetmi. Výhodou je použitie na viacerých pracoviskách ale aj na synchronnú obsluhu viacerých strojov. Obsahujú vlastné programové riadenie komunikujúce s riadiacim programom výrobnéj linky [19].



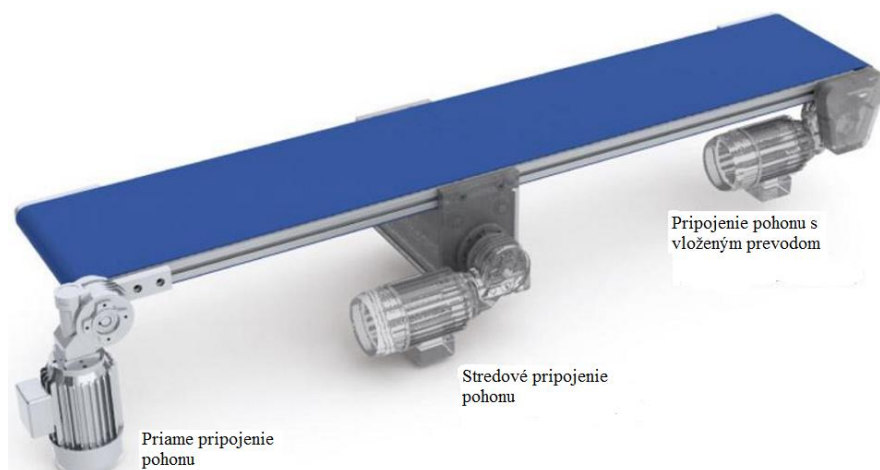
Obr. 24 Univerzálny manipulátor od firmy Altra Industrial Motion [21]

#### 4.2.4 Dopravníky

Dopravníky slúžia k preprave jednotlivých paliet a obrobkov medzi viacerými pracovnými priestormi. Ich uplatnenie je najmä v sériovej výrobe a v pružných výrobných systémoch. Prepravovaný materiál je zvyčajne na dopravník ukladany pomocou priemyselných manipulátorov a robotov. Podľa vlastností prepravovaného materiálu sa vyberú z pomedzi jednotlivých typov dopravníkov, ako napríklad pásový, valčekový, reťazový, vlečný rámcový alebo doštičkový dopravník [22].

### Pásový dopravník

Tieto mechanické dopravníky majú základný nosný a ťažný orgán v podobe nekonečného pásu poháňaného a vedeného bubnami. Pás môže byť podpieraný valčekmi alebo rovinnou plochou. Najčastejšie sa na jeho výrobu používa polyuretan, PVC alebo pryž. Pohyb materiálu je vo vodorovnom alebo šikmom smere. Ich výhodou je vysoká dopravná rýchlosť, veľká dopravná vzdialenosť, malá spotreba energie a možnosť nakladať a vykladať materiál v akomkoľvek mieste. Slúži najmä na manipuláciu ľahších obrobkov. K automatizácii dopravníku slúžia čidlá [22].



Obr. 25 Pásový dopravník [23]

### Valčekový dopravník

Patrí medzi dopravné zariadenia skladajúce sa zo sústavy valčekov, kladičiek a gulôčok, ktoré sú pevne vložené do nosných rámov. Podľa druhu pohybu sa delia na poháňané alebo nepoháňané. Nepoháňané môžu byť vodorovné, kde sa predmet pohybuje postrčením, alebo spádové, kde sa predmet pohybuje vplyvom zložky vlastnej tiahy. U poháňaných sa predmet pohybuje pôsobením nútené rotujúcich valčekov [22].

Príkladom je aj jednoduchá valčeková dráha slúžiaca na lineárnu prepravu hriadelí a trubiek rôznych dĺžok a priemerov. Obrobok sa prepravuje po trecích valčekoch vyrobených zo špeciálnej umelej hmoty. Je určený pre dlhé prepravné linky viacerých pásov, zoradených za sebou a má možnosť priechodových dverí v transportnej linke. Najčastejšie sa používa na prepravu ľahkých obrobkov a obrobkov valcového tvaru bez veľkých výstupkov. Jeho výhodou je modulová montáž, ekonomicky výhodné riešenie a možnosť dodatočného rozšírenia valčekovej dráhy [38].



Obr. 26 Jednoduchá valčeková dráha [38]

### **Paletový reťazový dopravník**

Medzi hlavné časti reťazového dopravníku patrí ťažná reťaz s priečnymi unášačmi pohybujúcich sa po vodiacej dráhe, napínacia a poháňacia stanica a nosná konštrukcia. Preprava obrobkov sa uskutočňuje opatrne na špeciálne k tomu upravených paletách. Nastavbu palety je možné prispôbiť tvaru obrobku a presne vycentrovať vďaka usporiadaniu drážkam. Hmotnosť prepravovaných obrobkov je až do hmotnosti 50 kg [38].

Pod prepravovanou dráhou obrobku sa realizuje spätná preprava prázdnych palet, čím je systém z hľadiska miesta veľmi úsporný. V oblasti čela dopravníku je spätné vedenie palety s obrobkami vykonávané podľa tvaru. Jeho výhodou je úsporné rozmiestnenie, modulová štruktúra a palety schopné akumulácie. Najčastejšie sa používa na symetrické obrobky, klikové a vačkové hriadele pre osobné vozy a stavebnicové diely radiálnych tvarov [38].



*Obr. 27 Reťazový dopravník [38]*

### **Vlečný rámčekový dopravník**

Patrí medzi prepravné zariadenie s otvorenými rámčekmi, ktoré sú určené k preprave a rýchlej výmene obrobkov v automatizácii obrábacích centier. Je určený na prepravu rotačne symetrických obrobkov, ale aj na obrobky s takmer ľubovoľnou obalovou formou. NC- pohon zaisťuje presnosť uloženia približne 0,3 mm. Obrobky sú prepravované pomocou reťazu s dutými čepmi, do ktorých sú zavesené vlečné rámčeky. Osadzovanie vlečných valčikov je poväčšine uskutočňované ručne. Z transportného systému môžu byť hotové obrobky odoberané aj počas procesu obrábania [38].

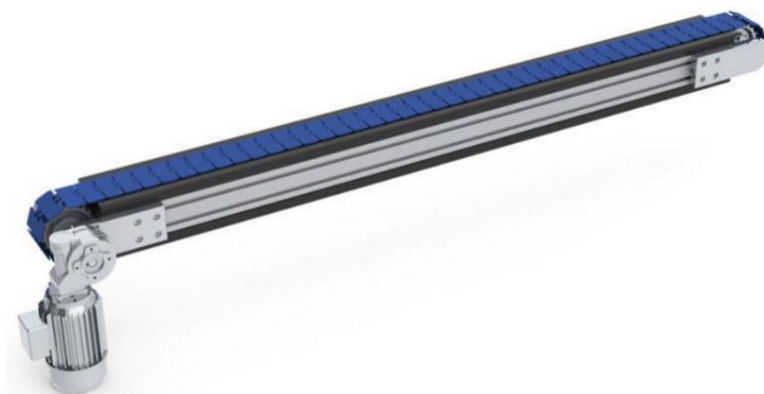
Využitie je najmä v transporte obrobkov na pohyblivých doskách, u suchého a mokrého obrábania a u polotovarov s liatou alebo kovanou vrstvou. Medzi ich význačné vlastnosti patrí reťaz s dutými čepmi, do ktorých sú zavesené vlečné rámčeky, jednoduchá výmena vlečných rámčekov a možnosť špecifikácie presnosti uloženia dielu. Výhodou je veľmi krátka doba výmeny obrobku a veľké spektrum obrobkov bez nutnosti nastavovania [38].



*Obr. 28 Vlečný rámcový dopravník [38]*

### **Doštičkové dopravníky**

Doštičkové dopravníky sú určené najmä na preravu kusových výrobkov rôznych vlastností, najmä tam, kde je potrebná zvýšená odolnosť pásu voči vyšším teplotám alebo voči mechanickému poškodeniu. Pohon dopravníku zaisťuje prevodovka s elektromotorom, umiestnená na hnacom hriadeľi. Smer dopravovaného materiálu je vodorovný, šikmý, strmý alebo lomený [23].



*Obr. 29 Doštičkový dopravník [23]*

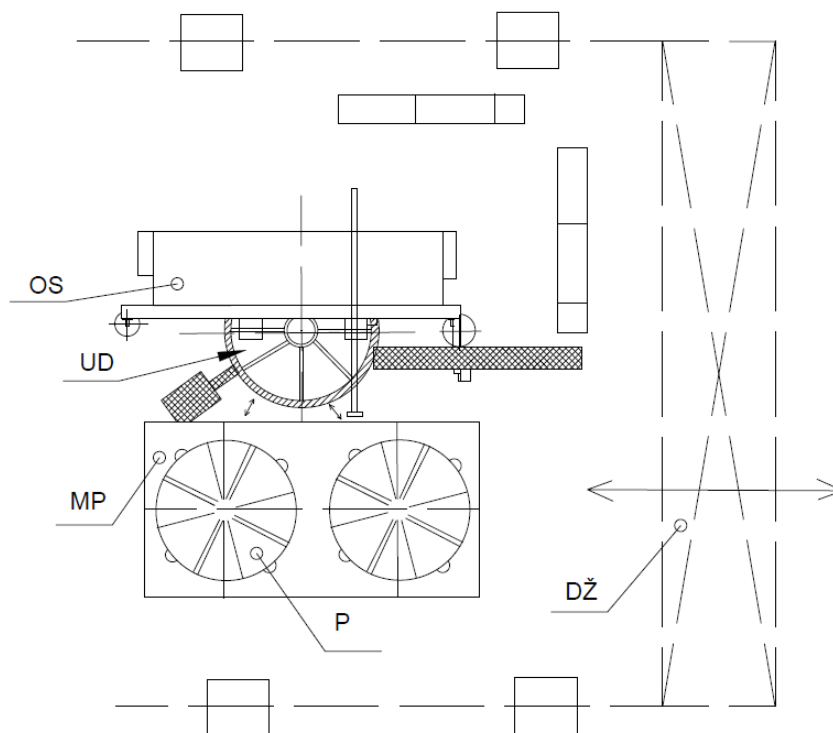
## 5 MANIPULÁCIA S ŤAŽKÝMI OBROBKAMI

U obrobkov s hmotnosťou niekoľko ton je veľmi náročná automatická výmena obrobku. Využívajú sa hlavne žeriavy alebo upínanie na paletu.

### 5.1 Výmena obrobkov pomocou žeriavov

Manipulácia pomocou žeriavov patrí k najstarším spôsobom výmeny obrobkov. Ich využitie je najmä v premiestňovaní ťažkých materiálov nerovnakých rozmerov, vo výrobe, kde je tok materiálu prerušovaný a v miestach, kde je potrebná zvislá aj vodorovná doprava [24].

Na obr. 30 je zobrazený jednoduchý princíp premiestňovania paliet pomocou dielenského žeriavu. Pred obrábacím strojom (OS) v pracovnom priestore je vytvorený manipulačný priestor (MP). V priebehu automatickej prevádzky stroja v manipulačnom priestore je obsluha, ktorá uskutočňuje upínanie ďalšieho obrobku na paletu (P). Paleta s upnutým obrobkom je prenášaná pomocou dielenského žeriavu (DŽ) na upínaciu dosku stroja. Z upínacej dosky je paleta s upnutým obrobkom premiestnená rovnakým spôsobom naspäť do manipulačného priestoru. Obsluha v manipulačnom priestore uvoľní obrobok, ktorý pomocou viazača je prenesený žeriavom do medzioperačného skladu. Ďalej obsluha pripraví paletu pre umiestnenie ďalšieho obrobku, ktorý zatiaľ žeriav preniesie z medzioperačného skladu [23].



Obr. 30 Schéma premiestňovania paliet pomocou žeriavu [23]

Žeriavy sú neoddeliteľnou súčasťou technologických celkov. Najmä tam, kde sa cyklicky opakuje vykonávaná činnosť. Iba na základe vstupného impulzu z vonku môže žeriav sám automaticky vykonávať svoju prácu. Žeriavy dokážu manipulovať v troch osách s najrôznejším materiálom, napríklad na manipuláciu s obrobkom z obrábacieho centra



k ďalšiemu spracovaniu. Poznáme niekoľko typov žeriavov na manipuláciu s ťažkými obrobkami [24].

### **Mostové žeriavy**

Skladajú sa z pojazdového mostu, žeriavovej dráhy a mačky. Žeriavový most sa pohybuje po žeriavovej dráhe uloženej na ocelevej nosnej konštrukcii alebo na stenách budovy. Mostové žeriavy môžu byť v rôznych prevedeniach, napríklad jednonosníkové, dvojnosičné, podvesné a portálové žeriavy.



*Obr. 31 Mostový žeriav od firmy Carl Stahl [25]*

### **Otočný stĺpový žeriav**

Sú tvorené otočným ramenom uchyteným na stĺpe, ktorý je ukotvený do betónového základu, na roznášanej doske alebo sú priamo upevnené na stĺpy konštrukcie haly.



*Obr. 32 Stĺpový otočný žeriav [26]*

Výmena ťažkých obrobkov pomocou žeriavov vyžaduje dostatok priestoru a z tohoto dôvodu je to realizovateľné iba vo veľkých halách. Príkladom je špeciálna montážna hala SMS Meer.

Spoločnosť SMS Meer vytvorila montážnu halu, ktorej logistický koncept zahŕňa dovoz ťažkých surových obrobkov a odvoz úplných prvkov zariadenia pomocou ťažkotonážnych vozidiel. Žeriavy sú schopné manipulovať s materiálom až do hmotnosti 180 ton. V hale sa nachádza 5 mostových a konzolových žeriavov umiestnených v troch rôznych úrovniach [27].

#### **Prvá žeriavová úroveň**

Nachádza sa vo výške 14,15 metra a slúži na prepravu ťažkých bremien pomocou dvoch viacúčelových strojných navijákov. Ich nosnosť je 180 a 90 ton a plynule pracujú s rýchlosťami podľa zaťaženia. Najprv žeriav zásobuje portálové frézovacie centrum, za pomoci ktorého frézuje surové kusy. Pevná konštrukcia kladkostroja a mačiek zabezpečuje spojenie do vzdialenosti háku 3,05 metrov. Dištančné čidlá merajú vzdialenosť medzi obrábacím centrom a nosníkom žeriavu, aby nenastala zrážka medzi frézovacím portálom a žeriavom. Ak je vzdialenosť menej ako 6 metrov, automaticky sa zníži rýchlosť pojazdu žeriavu a spustí sa výstražné hlásenie. Pri vzdialenosti menej ako 3 metre sa pojazd žeriavu zastaví úplne [27].

#### **Druhá žeriavová úroveň**

Jej úlohou je preprava surových a montážnych dielov, pomocou dvoch štandardných mostových žeriavov cez celú dĺžku haly. Prvý žeriav s jednokoľajovou mačkou má nosnosť 10 ton a druhý dvojnosiťový žeriav s hlavným kladkostrojom pre bremená do 32,5 ton a pomocným kladkostrojom 10 ton. Vzdialenosť hákov je iba 1228 mm [27].

#### **Tretia žeriavová úroveň**

Slúži na zásobovanie jednotlivých pracovísk. V tretej úrovni sú dva konštrukčne zhodné žeriavy s lanovým kladkostrojom s nosnosťou 5 ton, ktoré sa pohybujú po dráhe 98 metrov pozdĺž celej steny haly. Najčastejšie sa používajú na polohovanie a montáž pracovísk [27].



*Obr. 33 Montážna hala SMS Meer [27]*

## 5.2 Výmena obrobkov pomocou polohovacieho upínacieho stolu

Špeciálna portálová frézka bola vyvinutá na obrábanie presných a hospodárnych súčastí s nosnosťou až 60 ton. Dôležitou súčasťou frézky je takmer bezúdržbový polohovací upínací stôl s veľkým valivým ložiskom, ktorý je pevne dimenzovaný. Tým zaručuje aj u veľmi zaťaženej stolu presnosť, ktorá je porovnateľná s presnosťou hydrostaticky uloženého otočného stola [28].



*Obr. 34 Upínací stôl s veľkým valivým ložiskom [28]*

Pomocou žeriavov sa niekoľko tonové obrobky nastavovali priamo na stroj aj niekoľko hodín. U tohto špeciálneho systému sú obrobky upínané a nastavované na paletu, ktorá je vedľa stroja. Výmena obrobku prebieha súčasne s obrábaním súčiastky. Obrobky dokážu byť vymenené na polohovacom stole za niekoľko minút pomocou upínacieho systému s nulovým bodom. V prípade portálovej frézky ide o dva nezávislé stroje na jednom základe. Jeden pracuje na otočnom stole a druhý na ploche upínacej dosky, čo môžete vidieť na obr. 35 [28].



*Obr. 35 Výmena palety [28]*



## Závesné oká

Pri častejšom premiestňovaní rôznych bremien sa využívajú závesné oká. Ich využitie môžeme aplikovať pri výkonných elektromotorov, zavesení reproboxov na mobilných pódiax a hlavne v ťažkom priemysle, ako aj pri výmene ťažkých obrobkov [29].

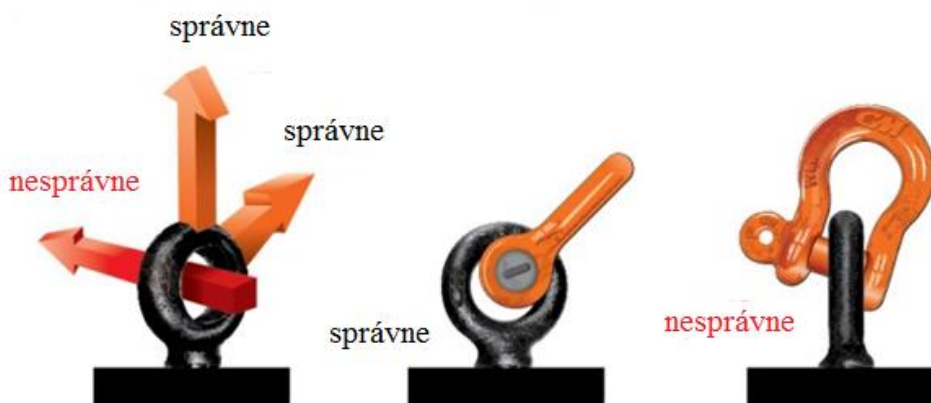
Pri ich použití sa musia spĺňať určité požiadavky. Jednou z nich je potreba stáleho kontaktu medzi plochou závesného oka a bremena. Spôsob zaťaženia je možný iba v priamej línii so závesným okom. Neexistuje spôsob s bočným zaťažením závesného oka, pretože môže prísť k podstatnému zníženiu nosnosti závesného oka. Závesné oká sa delia na viacero typov. Príkladom je závesná skrutka, ktorej konštrukcia je v podstate jednoduchá. Podstavec je prizváraný k hlavnému oceľovému oku, ktorý slúži k spojeniu s plochou zdvíhaného nákladu [29].



Obr. 36 Závesná skrutka [29]

Správne používanie závesného oka:

- skrutka musí byť v jednom smere s lanom, ak sa použije zaťaženie do strany, závesné oko sa môže ohnúť,
- medzi ramenom a zaťaženou plochou je podložka, aby bolo závesné oko upevnené pevne k povrchu,
- k jednému závesnému oku môže byť pripevnené iba jedno lano,
- rameno by malo byť kolko na os otvoru,
- uhol medzi lanom a zaťaženou doskou nesmie byť menej ako  $45^\circ$  [31].



Obr. 37 Spôsoby natočenia závesného oka [31]



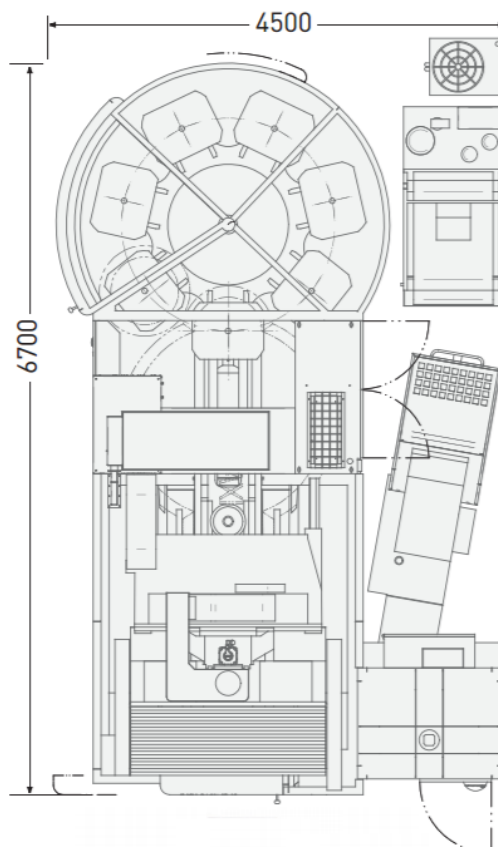
## 6 PRÍKLADY RIEŠENIA AUTOMATICKEJ VÝMENY OBROBKOV

V tejto časti by som spomenula firmy, ktorých výrobky sú súčasťou automatickej výmeny obrobku.

### 6.1 GF Machining Solutions

Švajčiarska spoločnosť GF Machining Solutions patrí medzi najväčších dodávateľov obrábacích strojov s ohľadom na automatizáciu na svete. Špecializuje sa na elektroerozívne, vysokovýkonné a vysokorýchlostné obrábacie stroje, upínacie a paletizačné systémy a 3D laserové stroje pre povrchové textúrovanie [30].

Spoločnosť predstavuje novú generáciu kompaktných strojov rady Mikron HPM. Konkrétne Mikron HPM 800U vyrába vysoko kvalitné a ťažké diely pre formy a výrobné súčasti. Je navrhnutý pre automatizáciu s paletovým systémom, ktorý je integrovaný do stroja, vďaka tomu je pracovný priestor vždy dobre prístupný [30].



Obr. 38 Pohľad zhora na schému stroja [30]

V stroji je umiestnený kompaktný výmenník paliet až s 12 paletami s optimálnou ergonómiou obsluhy. Je možnosť výberu medzi tromi veľkosťami paliet so závitovými otvormi alebo palety 500 x 630 mm a 500 x 500 mm s T drážkami. Palety dokážu uniesť až

500 kg a v nakladacej stanici je možné paletu otočiť až o 360°. Čas výmeny palety je menej ako 30 sekúnd. V nakladacej pozícii palety môžu byť hydraulicky zdvíhané pre ručné otáčanie [30].



*Obr. 39 Nakladacia stanica na upínanie polotovarov [30]*

## **6.2 SCHUNK**

Nemecká firma SCHUNK je medzinárodná spoločnosť zaoberajúca sa výrobou a predajom upínacej technológie a uchopovacích systémov [32].

VERO-S je modulárny upínací systém nulového bodu, v ktorom radiálne umiestnené upínacie čeluste vtiahnu upínací čap a vďaka samosvornému a tvarovému spojeniu zabezpečia jeho pozíciu. Základné telo a funkčné diely sú vyrobené z kalenej nerezovej ocele. Celý systém je hermeticky utesnený proti trieskam, chladiacim kvapalinám a prachu. Modul je možné použiť v automatickej prevádzke vďaka integrovanému pripojeniu pre pretlakový vzduch a možnosť pre monitorovanie upínacích čelústí [32].



*Obr. 40 Rez systémom VERO-S NSE plus [33]*

Ak sa moduly nulového upínacieho systému umiestnia na štandardizované modulové podložky, tak zo všetkých piatich strán sú obrobky prístupné. Obsahuje viac ako 500

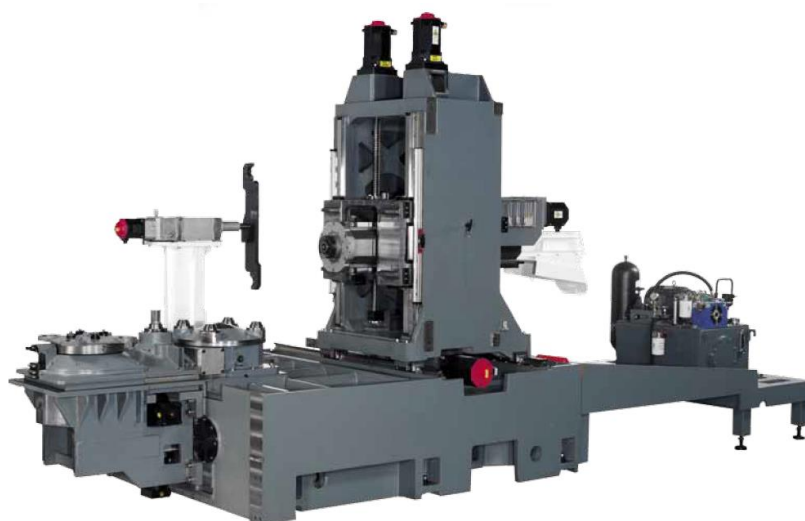
možností upnutia obrobku s opakovateľnou presnosťou upnutia 0,005 mm. Má patentovaný rýchly a upínací zdvih. Upínací systém VERO-S sa vyrába vo viacerých verziách ako VERO-S NSL plus, VERO-S NSL turn, VERO-S NSE plus a VERO-S NSE mini [32].



*Obr. 41 Upínanie systému pomocou nulového bodu [33]*

### 6.3 Stránský a Petržík

Táto česká firma bola založená v roku 1991 so sídlom v Bíle Třemešné. Začala s konštrukciou jednouchcelových strojov a zariadení. Neskôr sa rozšírila o výrobu pneumatických valcov a príslušenstva. Dnes sa firma zameriava na predaj a servis CNC obrábacích strojov. Jeden z produktov firmy Stránský a Petržík je aj CNC horizontálne obrábacie centrum rady EH, ktorý je vybavený automatickým výmenníkom paliet [34].



*Obr. 42 Obrábacie centrum EH-500 [34]*

Stroj skriňového typu s dvojitou stenou zaručuje maximálnu tuhosť a stabilitu. Osou Y pohybujú dve skrutky umiestnené v ťažisku, čo spôsobuje elimináciu krútenia počas pohybu vretena. Obsahuje rotačný výmenník paliet s veľkými kužeľami, ktoré zaručujú vysokú

tuhosť. Paletu dokáže vymeniť za osem sekúnd a indexovanie stola o 90° za menej ako 1,5 sekundy [34].



*Obr. 43 Výmenník paliet [34]*

#### **6.4 Yamazaki Mazak Corporation**

Japonská spoločnosť Yamazaki Mazak Corporation pôsobí na medzinárodnej úrovni a v Európe už od roku 1975. Patrí medzi najlepších výrobcov obrábacích strojov na svete. Zaoberá sa hlavne výrobou a vývojom frézok a sústruhov na obrábanie kovov. Jeden z jeho výrobkov je aj pružný výrobný systém typu MazakPalettech, ktorý umožňuje zavedie automatizácie, bezúdržbovú a nepretržitú činnosť stroja [35].



*Obr. 44 Systém MazakPalettech [35]*

Mazak Palettech môžeme rozdeliť podľa niekoľkých kategórií. Jednou z nich je delenie podľa veľkosti palety. Zahrňuje to aj možnosť zakaždým pracovať s dvoma susednými veľkosťami paliet v jednom systéme. Druhá možnosť delenia je podľa počtu vrstiev, do ktorých sú ukladané palety. Napríklad v kombinácii s regálovým zakladačom podľa výberu zákazníka alebo firma môže dodávať 1 až 3 úrovňové systémy. V jednom systéme Palettech je



realizovateľná kombinácia rôznych modelových rád, z ktorých si je zákazník schopný zostaviť svoj vlastný pružný výrobný systém. Príkladom je vodorovné obrábacie centrum spoločne so zvislým päťosím frézovacím centrom a multifunkčnými zvislými sústružníkymi stojmi [35].

Základné zloženie je možné rozšíriť až do výrobného systému so 16-timi obrábacími centrami a s 240-timi paletami a robotizovaným systémom nástrojového hospodárstva. Maximálne zaťaženie palety je 700 kg [35].



*Obr. 45 Rozloženie paliet v systéme MazakPaletach [35]*

## 6.5 Fermat

Česká spoločnosť Fermat sa zaoberá výrobou a konštrukciou obrábacích strojov, najmä horizontálnych vyvrtávačiek. Súčasťou obrábacích strojov je automatický paletizačný systém, ktorého úlohou je eliminovanie neproduktívnych vedľajších časov pri obrábaní. Na jednej palete sa obrába polotovár a v rovnakom čase je z druhej palety odobraný obrobok, ktorý sa vymení za nový polotovár pre obrábanie. Podľa požiadavok zákazníka je možnosť výberu z dvoch alebo viacerých paliet. U výmenných paliet je maximálna hmotnosť zaťaženia 10 t, a ich rozmery sú 1 600 x 1 800 mm alebo 1 800 x 2 200 mm [37].

Jeden cyklus systému automatickej výmeny paliet prebieha približne v časovom úseku 100 sekúnd a skladá sa zo štyroch fáz:

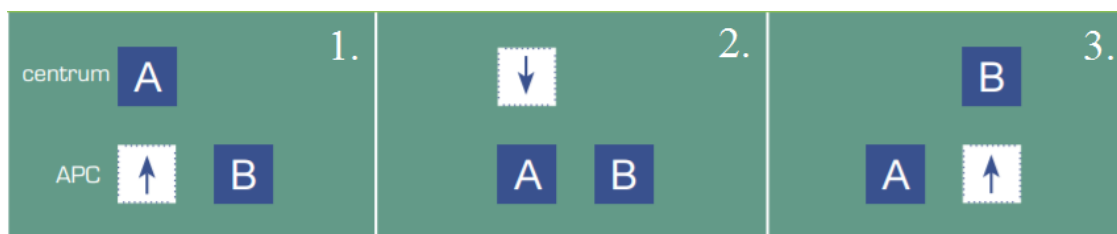
- v prvej fáze ide paleta z odkladacej polohy k ložeti osy X po presnom vedení za pomoci reťazového mechanizmu, vodiaci čep sa nasunie do mechanizmu otočného stola a uzamkne nastavenie polohy,
- u druhej fázy je nasunutie palety do fixovacej polohy nad otočný stôl,
- tretia fáza zahŕňa spustenie palety na otočný stôl, pomocou centrovacích čepov a hydrauliky je dosiahnuté presné zafixovanie palety,
- počas štvrtej fázy sa po zafixovaní palety, mechanizmus výmeny paliet odsunie od otočného stola a je pripravený na pracovný cyklus [37].



Obr. 46 Výmenník palety u obrábacieho centra [37]

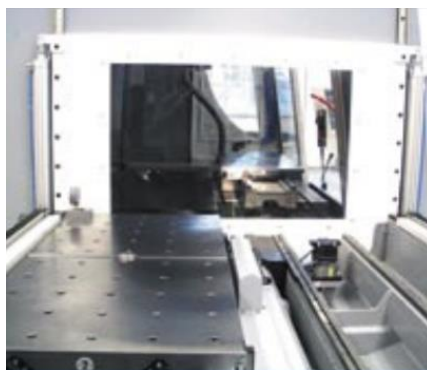
## 6.6 IMEXIM TS

Slovenská firma IMEXIM TS sa zaoberá vývojom a inováciou vlastných strojárskych produktov. V ich ponuke je aj automatizovaný výmenník paliet APC 1000, ktorý je predovšetkým určený k vertikálnym obrábacím centrám pre výmenu paliet z ľavej alebo pravej strany centra. Jeho súčasťou sú dva kusy paliet s obrobkami. Na opracovanie obrobku umiestneného na palete A je potreba túto paletu automaticky zasunúť na upínač obrábacieho centra. Po obrobení obrobku je paleta A vymenená za paletu B, na ktorej je už umiestnený nový polotovár. Výmena paliet trvá 40 sekúnd [39].



Obr. 47 Grafické znázornenie výmeny paliet [39]

Súčasťou automatického výmenníka paliet je pneumatický rozvod pripojený na pneumatický systém obrábacieho centra a hydraulickým rozvodom s vlastným hydraulickým agregátom. Maximálne zaťaženie palety je 800 kg a rozmery palety sú 1000x500 mm [39].



Obr. 48 Príprava palety na upnutie obrobku [39]



## 6.7 KOVOSVIT MAS

Česká společnost KOVOSVIT MAS bola založená v roku 1949. Zo začiatku sa firma zaoberala najmä výrobou horizontálnych vyvrtávačiek, ťažkých hobľovačiek a výrobou sústružníckych automatov. Neskôr sa začala zaoberať výrobou a vývojom numericky riadených strojov. Medzi ich výrobky patrí aj horizontálne obrábacie centrum MCH [36].



*Obr. 49 Horizontálne obrábacie centrum MCH 500 [36]*

Obrábacie centrá typu MCH sú určené na presné a rýchle obrábanie skriňových a plochých súčastí. Sú vhodné pre sériovú výrobu dielov vďaka paletovému systému, s multipaletovým automatizovaným pracoviskom so šiestimi paletami. Upnutie palety má upínaciu silu až 35,5 kN, ktorú zaisťujú 4 kužele umiestnené v rohoch. Čas výmeny paliet je 13-30 sekúnd, podľa konkrétneho typu obrábacieho centra. Nosnosť palety je 800-2000 kg [36].



*Obr. 50 Automatizované pracovisko so šiestimi paletami [36]*



## 7 ZÁVER

Automatická výmena obrobku je veľmi dôležitá pri zvýšení produktivity práce v priemyselnom odvetví. Jej využitie je nielen u moderných strojov, ale taktiež sa dá použiť aj pri starších CNC strojoch a tým zvýšiť ich produktivitu. V tejto bakalárskej práci som rozpracovala historický vývin automatickej výmeny obrobku, spôsoby manipulácie s obrobkami rôznych hmotností a aktuálne trendy firiem.

Jedným z najčastejšie používaných systémov je výmena obrobku pomocou technologických paliet, ktorých horná upínacia plocha je tvorená s T drážkami alebo s otvormi. Príkladom je systém s otočným dvojstolom. Ich výhodou je, že zatiaľ čo sa na jednom mieste hotový obrobok vymieňa za nový polotovár, na druhom mieste sa obrába. Systém s otočným dvojstolom pracuje na rovnakom princípe, ale jeho výhodou je, že výmena obrobku prebieha vždy z jedného miesta. Ďalšou možnosťou je aj systém so zásobníkom paliet. Druhý spôsob výmeny obrobku je pomocou rôznych manipulačných zariadení. Veľmi často sú vo firmách využívané priemyselné roboty a manipulátory.

U niekoľko tonových obrobkov je už automatická výmena obrobku náročnejšia. Používajú sa hlavne žeriavy. Takáto výmena prebieha v špeciálnych halách. Ako napríklad SMS Meer hala, kde sú žeriavy odstupňované do niekoľkých úrovní. Ďalším spôsobom je upnutie na paletu, kde palety môžu mať nosnosť až niekoľko desiatok ton.

Každá firma alebo spoločnosť vytrvalo zdokonaľuje svoje zariadenia. Snažia sa o minimum nevýrobných časov pri výmene obrobku a zavedenia plno automatizovanej výroby, ktorou sa v súčasnosti zaoberá problematika Industry 4.0.



## 8 ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] MAREK, Jiří a Oldřich UČEŇ. *CNC obráběcí stroje*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010. ISBN 978-80-248-2329-4.
- [2] CNC COOK BOOK [online]. [cit. 21.11.2016]. Dostupný z: <http://www.cnccookbook.com/CCNCMachine.htm>.
- [3] MAREK, Jiří. *Konstrukce CNC obráběcích strojů III*. Praha: MM publishing, 2014. MM speciál. ISBN 978-80-260-6780-1.
- [4] SOVA, František. *Technologie obrábění a montáže*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7082-823-4.
- [5] PILANA MARKET [online]. [cit. 21.11.2016]. Dostupný z: <http://www.pilanamarket.cz/stopkove-nastroje-2/klestiny/>.
- [6] MLGEAR DESIGN [online]. [cit. 10.12.2016]. Dostupný z: <http://mlgeardesigns.blog.cz/1503/soustruzeni-pri-slozitem-upnuti-obrobku>.
- [7] HOMEL [online]. [cit. 10.12.2016]. Dostupný z: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_2dil.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf).
- [8] MARKARGO [online]. [cit. 27.3.2017]. Dostupný z: <https://www.markagro.net/sk/produkt/litinovy-sverak-sinusovy-fqu125-140>.
- [9] CNC [online]. [cit. 27.2.2017]. Dostupný z: [http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U31\\_Cislicove\\_rizene\\_stroje.pdf](http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U31_Cislicove_rizene_stroje.pdf).
- [10] BORSKÝ, Václav. *Jednoúčelové a víceúčelové obráběcí stroje*. Díl 2., Automatizované výrobní soustavy pro obrábění. Brno: Vysoké učení technické, 1985. Učební texty vysokých škol.
- [11] HALDER [online]. [cit. 24.3.2017]. Dostupný z: <http://www.halder.com/cz/Produkty/Upinaci-systemy/Upinaci-systemy-sdrakami/Zakladove-elementy/Zakladova-deska-pro-paletu-DIN-55201>.
- [12] BOOKS [online]. [cit. 27.3.2017]. Dostupný z: <http://books.fs.vsb.cz/TAV/technologie-automatizovanych-vyrob.pdf>.
- [13] MM SPEKTRUM [online]. [cit. 27.3.2017]. Dostupný z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/netradicni-obrabeci-centrum.html>.
- [14] DEMEČ, Peter. *Automatizácia výrobných strojov*. Košice: Strojnícka fakulta, TU v Košiciach, 2007. Edícia študijnej literatúry. ISBN 978-80-8073-817-4.
- [15] HEDELIUS [online]. [cit. 14.3.2017]. Dostupný z: <http://hedelius.de/machine/t72600/#&panel1-2>.
- [16] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [17] UIAM [online]. [cit. 17.2.2017]. Dostupný z: <http://www.uiam.mtf.stuba.sk/predmety/srs/1-Ucebnica/>.
- [18] AUTOMATIZACIA [online]. [cit. 27.3.2017]. Dostupný z: <https://automatizacia.bost.sk/produkty/roboty-a-pojazdy/linearne-pojazdy-pre-roboty>.
- [19] SCHULZ, Štefan. *Manipulátory a roboty*. Košice: Technická univerzita, 1991. Učební texty vysokých škol.

- [20] ERGONOMIC PARTNERS [online]. [cit. 20.3.2017]. Dostupný z: <https://www.ergonomicpartners.com/manipulator-arms.aspx>.
- [21] ALTRAMOTION [online]. [cit. 20.3.2017]. Dostupný z: <http://www.altramotion.com/newsroom/2015/03/ap-brake-and-switch-for-material-handling-crane>.
- [22] STEHLÍK, Jaroslav. *Dopravníky*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004. ISBN 80-7083-888-4. Dostupné také z: <http://www.digitalniknihovna.cz/mzk/uuid/uuid:3a4e8a10-ffb4-11e5-8fbe-005056827e52>.
- [23] PRIBIŠ, Jozef. *Manipulace s obrobky u obráběcíchstrojů: 7. celost. setkáníkonstruktérů*, Gottwaldov, červen 1982 : Sborník [přednášek].. Gottwaldov: Pobočka ČSVTS k.p. Závody přesnéhostrojírenství, 1982.
- [24] BESMONT [online]. [cit. 27.3.2017]. Dostupný z: <http://www.besmont.cz/index.php/vyroba/technologicke-celky>.
- [25] BPRESS [online]. [cit. 27.3.2017]. Dostupný z: <http://www.bpress.cn/im/tag/CarlStahl-GmbH/page/12/>.
- [26] ITECOZERIAVY [online]. [cit. 15.2.2017]. Dostupný z: <http://www.itecozeriavy.sk>.
- [27] DEMAGCRANES [online]. [cit. 15.2.2017]. Dostupný z: <http://www.demagcranes.cz/cms/site/cz/lang/cs/page73606.html>.
- [28] MM SPEKTRUM [online]. [cit. 24.4.2017]. Dostupný z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/frezovani-s-presnosti-mikrometru-na-polohovacim-upinacim-stole-s-nosnosti-60-tun.html>.
- [29] GUFERO [online]. [cit. 27.2.2017]. Dostupný z: <http://www.gufero.com/eshopkategorie-zavesna-oka.html>.
- [30] GEORGFISCHER [online]. [cit. 27.2.2017]. Dostupný z: [http://www.georgfischer.com/content/gfac/country\\_CZ/cs/Products/Milling/highperformance-machining-centers/hpm-machine-line/hpm-800u.lightbox.html](http://www.georgfischer.com/content/gfac/country_CZ/cs/Products/Milling/highperformance-machining-centers/hpm-machine-line/hpm-800u.lightbox.html).
- [31] CM WORKS [online]. [cit. 27.3.2017]. Dostupný z: <http://blog.cmworks.com/rigging-eye-bolts/>.
- [32] KONSTUKTER [online]. [cit. 27.4.2017]. Dostupný z: <http://www.konstrukter.cz/2016/06/29/upinaci-system-nuloveho-bodu-vero-s-setricas/>.
- [33] SCHUNK [online]. [cit. 27.3.2017]. Dostupný z: [http://de.schunk.com/de\\_de/startseite/](http://de.schunk.com/de_de/startseite/).
- [34] STRANSKY A PETRZIK [online]. [cit. 17.3.2017]. Dostupný z: <http://www.stranskyapetrzik.cz/>.
- [35] MIKROMA [online]. [cit. 7.3.2017]. Dostupný z: <http://www.mikroma.com/mazakpallatech/?l=PL>.
- [36] DMG Mori [online]. [cit. 5.3.2017]. Dostupný z: <http://cz.dmgmori.com/>.
- [37] FERMAT [online]. [cit. 27.3.2017]. Dostupný z: <http://www.fermatmachinery.com/apc-automaticky-system-vymeny-palet>.
- [38] KBHCZ [online]. [cit. 12.4.2017]. Dostupný z: <http://www.kbhcz.cz/vlecnymrameckovy-dopravnik.html>.
- [39] IMEXIM TS [online]. [cit. 29.4.2017]. Dostupný z: [https://www.poziadavka.sk/katalogy/www.poziadavka.sk\\_26036\\_68259.pdf](https://www.poziadavka.sk/katalogy/www.poziadavka.sk_26036_68259.pdf).

## 9 ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1 Jeden z prvých obrábacích centier, Milwaukee-Matic [2] .....	17
Obr. 2 Univerzálne trojčelust'ové skľučovadlo [4] .....	20
Obr. 3 Upínacia líčna doska [6] .....	20
Obr. 4 Upínanie medzi hroty [7] .....	20
Obr. 5 a) Klieština b) nákres klieštiny [5] .....	21
Obr. 6 a) opora obrobku upnutá k lôži sústruhu b) opora obrobku pripevnená k suportu sústruhu [4] .....	21
Obr. 7 Sklopný otočný strojný zverák [8] .....	22
Obr. 8 Základné upínky a podpory obrobkov [7] .....	22
Obr. 9 Morfológia automatickej výmeny obrobku [3] .....	23
Obr. 10 Voľne sa pohybujúci obrobok [3] .....	24
Obr. 11 Návrh technologickej palety z roku 1986 [10] .....	24
Obr. 12 Poloha obrobku na technologickej paletе [10] .....	25
Obr. 13 Technologická paleta s T drážkami [11] .....	26
Obr. 14 Technologická paleta so závitovými otvormi [11] .....	26
Obr. 15 Systém automatickej výmeny obrobku s dvomi paletami [12] .....	27
Obr. 16 Systém s manipulačným otočným dvojstolom [12] .....	28
Obr. 17 Systém automatickej výmeny obrobku so zásobníkom paliet [13] .....	28
Obr. 18 Sústružnícké centrum TURN-12 s automatickou výmenou skľučovadiel s obrobkami [14] .....	29
Obr. 19 Zaradenie so zdvojeným pracovným miestom od firmy Hedelius [15] .....	30
Obr. 20 Ekonomické uplatnenie priemyselných robotov [16] .....	30
Obr. 21 Lineárni pojazd pre roboty KUKA [18] .....	31
Obr. 22 Rozdelenie manipulačnej techniky [19] .....	32
Obr. 23 Jednoúčelový manipulátor ovládaný človekom [20] .....	32
Obr. 24 Univerzálny manipulátor od firmy Altra Industrial Motion [21] .....	33
Obr. 25 Pásový dopravník [23] .....	34
Obr. 26 Jednoduchá valčeková dráha [38] .....	34
Obr. 27 Reťazový dopravník [38] .....	35
Obr. 28 Vlečný rámčekový dopravník [38] .....	36
Obr. 29 Doštičkový dopravník [23] .....	36
Obr. 30 Schéma premiestňovania paliet pomocou žeriavu [23] .....	37
Obr. 31 Mostový žeriav od firmy Carl Stahl [25] .....	38
Obr. 32 Stĺpový otočný žeriav [26] .....	38
Obr. 33 Montážna hala SMS Meer [27] .....	39
Obr. 34 Upínací stôl s veľkým valivým ložiskom [28] .....	40
Obr. 35 Výmena palety [28] .....	40
Obr. 36 Závesná skrutka [29] .....	41
Obr. 37 Spôsobý natočenia závesného oka [31] .....	41
Obr. 38 Pohľad zhora na schému stroja [30] .....	43
Obr. 39 Nakladacia stanica na upínanie polotovarov [30] .....	44
Obr. 40 Rez systémom VERO-S NSE plus [33] .....	44
Obr. 41 Upínanie systému pomocou nulového bodu [33] .....	45

Obr. 42 Obrábacie centrum EH-500 [34] .....	45
Obr. 43 Výmenník paliet [34] .....	46
Obr. 44 Systém MazakPaletch [35] .....	46
Obr. 45 Rozloženie paliet v systéme MazakPaletch [35] .....	47
Obr. 46 Výmenník palety u obrábacieho centra [37] .....	48
Obr. 47 Grafické znázornenie výmeny paliet [39] .....	48
Obr. 48 Príprava palety na upnutie obrobku [39] .....	48
Obr. 49 Horizontálne obrábacie centrum MCH 500 [36] .....	49
Obr. 50 Automatizované pracovisko so šiestimi paletami [36] .....	49